

ISSN 1990-9047 (Print)  
ISSN 2541-853X (Online)  
DOI: 10.17277/issn.1990-9047

**№ 3(97). 2025**

**ВОПРОСЫ  
СОВРЕМЕННОЙ  
НАУКИ И ПРАКТИКИ.**

Университет им. В.И. Вернадского

Ассоциация  
«Объединенный университет  
имени В.И. Вернадского»

**Ассоциация «Объединенный университет  
имени В.И. Вернадского»**

**ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ.  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО**

*Основан в 2006 году  
Выходит 4 раза в год*

**Учредители:** Ассоциация «Объединенный университет имени В.И. Вернадского»  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»  
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ  
ФГБОУ ВО «ГГТУ»

**Ассоциированные члены:**

Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского

**Главный редактор**

д-р техн. наук, профессор Н. С. Попов

СМИ журнал «Вопросы современной науки и практики.  
Университет им. В.И. Вернадского» зарегистрировано Федеральной службой  
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия

Регистрационный номер СМИ ПИ № ФС77-23504 от 28.02.2006

*В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии при Мини-  
стерстве науки и высшего образования РФ журнал «Вопросы современной науки и практи-  
ки. Университет им. В.И. Вернадского» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных  
журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты  
диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук*

Представление материалов в редакционный отдел является конклюдентным действием.  
Согласие авторов на опубликование материала, а также на размещение его  
в электронных версиях журнала предполагается

---

**ИЗДАТЕЛЬ ФГБОУ ВО «ГГТУ»**

Адрес издателя: 392000, Тамбовская обл., г.о. город Тамбов, г. Тамбов,  
ул. Советская, д. 106/5, помещ. 2. Тел. (4752) 63 10 19; e-mail: tstu@admin.tstu.ru

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

392000, Тамбовская обл., г.о. город Тамбов, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещ. 2.  
Тел. (4752) 63 81 08; e-mail: zhurnal\_vsnip@mail.ru

Редакторы: *И. М. Курносова, О. В. Мочалина*; редактор иностранного перевода *Н. А. Гунина*  
Компьютерная верстка: *О. В. Мочалина, И. М. Курносова*

Подписано в печать 25.09.2025. Дата выхода в свет 08.10.2025.

Формат журнала 70×108/16. Усл. п. л. 15,75. Уч.-изд. л. 16,20. Тираж 100 экз. Цена свободная. Заказ 024

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «ГГТУ».

Адрес типографии: 392032, Тамбовская обл., г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112А.  
Тел.: (4752) 63 03 91, (4752) 63 07 46

---

ISSN 1990-9047  
e-ISSN 2541-853X  
DOI: 10.17277/issn.1990-9047

Знак информационной продукции 16+

© Ассоциация «Объединенный университет  
имени В.И. Вернадского», 2025  
© Неправительственный экологический фонд  
имени В.И. Вернадского, 2025  
© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
университет инженерных технологий», 2025  
© ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, 2025  
© ФГБОУ ВО «ГГТУ», 2025

## СОВЕТ РЕДАКТОРОВ

**Аксёнов Геннадий Петрович** – канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Институт истории естествознания и техники им. С. В. Вавилова РАН»; тел. +7(495) 988-22-80; e-mail: gen.aksenov@mail.ru

**Антипов Сергей Тихонович** – д-р техн. наук, профессор; заслуженный изобретатель, почетный работник высшего профессионального образования РФ; профессор кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ); тел. +7(4732) 55-38-96; e-mail: post@vsuet.ru

**Битюков Виталий Ксенофонович** – д-р техн. наук, профессор; заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования; профессор кафедры «Информационные и управляющие системы», ВГУИТ; тел. +7(4732) 55-42-67, 55-35-21; e-mail: post@vsuet.ru

**Иванова Екатерина Викторовна** – д-р экон. наук, доцент; и. о. ректора ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (МичГАУ); тел. +7 (47545) 3-88-04, доб. 444; e-mail: Ivanova@mgau.ru

**Бешенков Сергей Александрович** – д-р пед. наук, профессор, профессор кафедры теории и методики спорта и физического воспитания, ГАОУ ВО г. Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма»; тел. +7 977-919-42-37; e-mail: srg57@mail.ru

**Горбашко Елена Анатольевна** – д-р экон. наук, профессор; заслуженный работник Высшей школы; проректор по научной работе, заведующий кафедрой «Проектный менеджмент и управление качеством», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»; тел. +7(812) 310-22-09; e-mail: gorbashko.e@unicon.ru

**Завражнов Анатолий Иванович** – д-р техн. наук, профессор; академик РАН; почетный член Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», профессор кафедры технологических процессов и техносферной безопасности, МичГАУ; тел. +7(47545) 3-88-15, доб. 513; e-mail: prezident@mgau.ru

**Зазуля Александр Николаевич** – д-р техн. наук, профессор; главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»; тел. +7(4752) 44-61-12; e-mail: viitin-adm@mail.ru

**Злобина Наталья Васильевна** – д-р экон. наук, профессор; директор института дополнительного профессионального образования, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (ТамбГТУ); тел. +7(4752) 63-07-34; e-mail: idpo@admin.tstu.ru

**Иванова Татьяна Юрьевна** – д-р экон. наук, профессор; заведующий кафедрой менеджмента и теории экономики, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»; тел. +7(8422) 32-06-97; e-mail: tivanova.j@gmail.com

**Краснянский Михаил Николаевич** – д-р техн. наук, профессор; профессор РАН, почетный работник высшего профессионального образования РФ; ректор ТамбГТУ; президент Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»; тел. +7(4752) 63-10-19; e-mail: tsu@admin.tstu.ru

**Корнеева Ольга Сергеевна** – д-р биол. наук, профессор; заслуженный работник высшей школы РФ; и. о. проректора по научной и инновационной деятельности, заведующий кафедрой биохимии и биотехнологии, ВГУИТ; тел. +7(4732) 55-07-51; e-mail: korneeva-olgas@yandex.ru

**Кудяров Валерий Николаевич** – д-р биол. наук, профессор; заслуженный деятель науки РФ; научный руководитель, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН; тел. +7(496) 733-05-95; e-mail: vnikolaevich2001@mail.ru

**Матвейкин Валерий Григорьевич** – д-р техн. наук, профессор; заместитель генерального директора по развитию, ОА «Росхимзащита»; заведующий кафедрой «Информационные процессы и управление», ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-91-87; e-mail: valery.mat@rambler.ru

**Молоткова Наталия Вячеславовна** – д-р пед. наук, профессор; почетный работник высшего профессионального образования РФ; первый проректор, ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-06-49; e-mail: nvmolotkova@admin.tstu.ru

**Мищенко Елена Сергеевна** – д-р экон. наук, профессор; почетный работник высшего профессионального образования РФ; проректор по международной деятельности, ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-20-02; e-mail: int@tstu.ru

**Мищенко Сергей Владимирович** – д-р техн. наук, профессор; заслуженный деятель науки и техники РФ; научный руководитель кафедры «Мехатроника и технологические измерения», ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-08-70; e-mail: kafedra@uks.tstu.ru

**Печерская Эвелина Павловна** – д-р пед. наук, канд. экон. наук, профессор; заслуженный работник высшей школы РФ, директор Центра делового образования, ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет»; тел. +7 927-205-70-10; e-mail: pecherskaya@sseu.ru

**Попов Николай Сергеевич** – д-р техн. наук, заслуженный работник высшей школы РФ; профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ; **главный редактор**; тел. +7(4752) 63-03-65; e-mail: zhurnal\_vsnp@mail.ru

**Пучков Николай Петрович** – д-р пед. наук, профессор; заслуженный работник высшей школы РФ; профессор кафедры «Высшая математика», ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-04-38; e-mail: puchkov\_matematika@mail.ru

**Спиридонов Сергей Павлович** – д-р экон. наук; почетный работник сферы образования РФ; профессор кафедры «Экономика», ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-01-69; e-mail: banking@tstu.ru

**Стяжкин Константин Кириллович** – д-р биол. наук, профессор; и. о. директора, ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения»; тел. +7(495) 491-73-72; e-mail: fgup@gosniibp.ru

**Тарасова Наталия Павловна** – д-р хим. наук, профессор; член-корреспондент РАН; директор института химии и проблем устойчивого развития; заведующий кафедрой ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»; тел. +7(499) 973-24-19; e-mail: tarasnp@muctr.ru

**Толстяков Роман Рашидович** – д-р экон. наук, профессор, директор института экономики и качества жизни, ТамбГТУ; тел. +7(4752) 63-04-53; e-mail: tolstyakoff@mail.ru

**Федюк Роман Сергеевич** – д-р техн. наук, доцент; профессор Военного учебного центра, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; тел. +7(950) 281-79-45; e-mail: roman44@yandex.ru

**Филимонова Ольга Сергеевна** – старший преподаватель кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ; **ответственный секретарь**; тел. +7(4752) 63-04-26; e-mail: zhurnal\_vsnp@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Экология</b> .....	7
Кулакова Е. С., Сафарова В. И., Сафаров А. М. Система принятия решений по управлению качеством атмосферного воздуха промышленных центров.....	7
Кунденок С. Б., Марков Д. Л., Волкова В. Н., Казанцев И. М., Шаланин В. А. Интенсификация способа обеззараживания осадков карт хранения куриного помета препаратом «Полиаминол».....	28
Лунькова Л. Г., Гульков А. Н. Современное состояние индустрии сжиженного природного газа.....	39
Мазлова Е. А., Лобанов А. В., Блиновская Я. Ю., Педченко А. П. Загрязнение морей Северного Ледовитого океана продуктами износа автомобильных шин.....	46
Свинцов Н. Ю., Васянович Ю. А. Анализ негативных последствий применения глубоководных машин для добычи ископаемых в Тихом океане.....	62
Стаценко Л. Г., Смирнова М. М., Брылина С. В., Галайда Е. И., Мех Н. С. Создание единой системы контроля объектов связи с учетом временной и пространственной динамики электромагнитных полей.....	75
<b>Региональная и отраслевая экономика</b> .....	86
Быковская Е. В., Сахарова Н. В. Инновационные подходы регионального развития предприятий по производству минеральных удобрений в условиях цифровизации.....	86
Солопов В. А., Мищенко Е. С., Злобина Н. В., Карамнова Н. В., Белоусов В. М. Основные направления и инструменты устойчивого развития сельских территорий региона.....	95
<b>Педагогика</b> .....	113
<i>Теория и методика обучения и воспитания</i> .....	113
Гиясова И. В., Гунина Н. А. Предметно-языковое интегрированное обучение китайских студентов профильным дисциплинам на русском языке в техническом вузе (на английском языке).....	113
Дорохова Т. Ю., Пучков Н. П. Система обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе.....	126
Молоткова Н. В., Шутикова М. И. Деловые игры – эффективный инструмент формирования профессиональных компетенций в обучении.....	146
Мордовина Т. В., Воякина Е. Ю. Принципы и методические приемы профессионально-ориентированного обучения английскому языку (на английском языке).....	155
Снегурова В. И., Готская И. Б., Волынчук Н. И. Концептуальные подходы и модель оценки динамики формирования функциональной грамотности обучающихся и их отражение в содержании повышения квалификации учителей.....	166

## CONTENTS

---

<b>Ecology</b> .....	7
<b>Kulakova E. S., Safarova V. I., Safarov A. M.</b> Decision-Making System to Monitor the Quality of Atmospheric Air in Industrial Centers .....	7
<b>Kundenok S. B., Markov D. L., Volkova V. N., Kazantsev I. M., Shalanin V. A.</b> Intensifying the Method of Disinfection of Chicken Manure Storage Cards Sludge with Polyaminol Preparation .....	28
<b>Lunkova L. G., Gulkov A. N.</b> Current State of the Liquefied Natural Gas Industry .....	39
<b>Mazlova E. A., Lobanov A. V., Blinovskaya Ya. Yu., Pedchenko A. P.</b> Pollution of the Arctic Ocean Seas by Tire Wear Products .....	46
<b>Svintsov N. Yu., Vasyanovich Yu. A.</b> The Analysis of Negative Consequences of Using Deep-Sea Mining Machines in the Pacific Ocean .....	62
<b>Statsenko L. G., Smirnova M. M., Brylina S. V., Galaida E. I., Mekh N. S.</b> Creation of a Unified System for Monitoring Communication Objects on the Basis of Temporal and Spatial Dynamics of Electromagnetic Fields.....	75
<b>Regional and Sectoral Economy</b> .....	86
<b>Bykovskaya E. V., Sakharova N. V.</b> Innovative Approaches to Regional Development of Mineral Fertilizer Production Enterprises in the Context of Digitalization.....	86
<b>Solopov V. A., Mishchenko E. S., Zlobina N. V., Karamnova N. V., Belousov V. M.</b> Main Directions and Tools of Sustainable Development of Rural Areas of the Region.....	95
<b>Pedagogy</b> .....	113
<b>Theory and Methodology of Teaching and Education</b> .....	113
<b>Giyasova I. V., Gunina N. A.</b> Using CLIL in Teaching Chinese Students Enrolled in Russian-Taught Engineering Programs at a Technical University ( <i>in English</i> ).....	113
<b>Dorokhova T. Yu., Puchkov N. P.</b> Quality Assurance System for Targeted Specialists' Training at a Technical University.....	126
<b>Molotkova N. V., Shutikova M. I.</b> Business Games as an Effective Tool for Developing Professional Competences through Training.....	146
<b>Mordovina T. V., Voyakina E. Yu.</b> Principles and Methodological Techniques of Professionally Oriented Teaching of English ( <i>in English</i> ).....	155
<b>Snegurova V. I., Gotskaya I. B., Volynchuk N. I.</b> Conceptual Approaches and Model of Assessing the Dynamics of Formation of Functional Literacy of Students and their Reflection in the Content of Advanced Training of Teachers .....	166

УДК 502.3

DOI: 10.17277/voprosy.2025.03.pp.007-027

### **СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ**

**Е. С. Кулакова, В. И. Сафарова, А. М. Сафаров**

*Институт химических технологий и инжиниринга,  
филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной  
технический университет» в г. Стерлитамаке, Россия;  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной  
технический университет», Уфа, Россия*

**Ключевые слова:** атмосферный воздух; загрязняющее вещество; застой; инверсия; конвекция; управление качеством.

**Аннотация:** Предложен подход к оценке качества атмосферного воздуха жилых кварталов около промышленных предприятий, основанный на разновысотном контроле и разнице в рассеивании различных загрязняющих веществ (ЗВ) в зависимости от класса устойчивости атмосферы. Разработан формализованный подход к управлению промышленными выбросами для условий нормального распространения токсикантов (свободной конвекции), штиля, а также приземной и приподнятой инверсий с целью создания благоприятной среды проживания населения (соблюдения качества атмосферного воздуха селитебных территорий).

#### **Введение**

Качество атмосферного воздуха в районах с высокой антропогенной нагрузкой контролируется на различных уровнях управления: государственном, промышленном и общественном. *Во-первых*, органы исполнительной власти, имеющие полномочия в области охраны окружающей среды (ОС), как федерального, так и субъектового уровня, проводят мониторинг качества атмосферного воздуха и выполняют мероприятия по кон-

---

Кулакова Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные технологические и информационные системы», e-mail: kulakova87@list.ru, Институт химических технологий и инжиниринга, филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке, Россия; Сафарова Валентина Исаевна – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экоинжиниринг, природообустройство и экологические технологии»; Сафаров Айрат Муратович – доктор технических наук, профессор кафедры «Экоинжиниринг, природообустройство и экологические технологии», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия.

тролю химического состава компонентов ОС в зоне влияния промышленных предприятий. На основе полученных сведений концентрации загрязняющих веществ (**ЗВ**), метеорологических параметров формируется база данных о качестве воздушной среды жилых кварталов городов. Полученная достоверная информация направлена на формирование адекватных, правильных решений в области управления качеством атмосферного воздуха селитебных территорий. *Во-вторых*, специалисты предприятия проводят производственный экологический контроль согласно установленному и согласованному графику в целях недопущения превышения нормативов по негативному влиянию на компоненты окружающей среды. Данные мероприятия направлены на соблюдение действующего экологического законодательства РФ. *В-третьих*, согласно закону об охране ОС, допускается участие различных общественных организаций, которые могут защищать права и законные интересы граждан в области охраны окружающей среды.

Все проводимые мероприятия по контролю и регулированию деятельности промышленных предприятий в области влияния на химический состав атмосферного воздуха должны обеспечивать благоприятные условия проживания населения. Несмотря на многоуровневость и всесторонность экологического мониторинга, проблемы качества компонентов ОС полностью не решаются [1]. Регистрируются случаи превышения концентрации загрязняющих веществ в жилых кварталах городов.

Причиной является нарушение технологических режимов текущих выбросов в существующей метеорологической ситуации. Например, эмиссия в период неблагоприятных метеорологических условий (**НМУ**) не согласуется с коэффициентом самоочищения атмосферного воздуха.

Для повышения эффективности экологического контроля и управления качеством атмосферного воздуха населенных пунктов различными научными коллективами ведется усовершенствование систем мониторинга. Так, в Роспатенте зарегистрирована автоматизированная система контроля ядерных и рентгеновских излучений в компонентах окружающей среды [2]. Институтом оптики атмосферы Сибирского отделения Российской академии наук разработан автоматизированный комплекс для контроля воздуха города [3]. Аналогичные системы созданы ООО «ЭКОРОС» [4], группой авторов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» [5]. Учеными Политехнического университета Мадрида разработан инструмент, позволяющий прогнозировать влияние токсикантов на население в зависимости от изменения климата [6]. В США Центром поддержки нормативного моделирования атмосферы разработан WEB-ресурс Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling (SCRAM) [7].

Моментная концентрация токсиканта в атмосферном воздухе определяется массовым расходом антропогенного выброса и метеорологическими условиями. Коэффициент очищения атмосферного воздуха повышается при усилении ветра, вымывании примесей с осадками [8]. Однако, в связи с тем, что токсиканты обладают различными физико-химическими свойствами, время их жизни и поведение в воздухе отличается. С целью проведения мониторинга концентрации загрязняющих веществ на различных высотах разработана система разноуровневого пробоотбора [9, 10], кото-

рая позволяет проводить измерение и регистрацию концентрации токсикантов на уровнях от 1 м, так как сегодня население проживает и ведет трудовую деятельность на различных высотах. Тем самым разноуровневый мониторинг предоставляет возможность получать достоверную информацию о качестве атмосферного воздуха по всему слою перемешивания. Точные сведения о содержании токсикантов позволяют принимать правильные решения в области предоставления населению благоприятных условий жизни.

*Цель работы* – исследование поведения вещества в приземном слое атмосферного воздуха в зависимости от его физико-химических свойств и, как следствие, разработка рекомендаций по изменению промышленных выбросов на основе установки разновысотного пробоотбора, то есть комплекса средств измерения концентрации загрязняющих веществ, метеорологических условий на различных высотах.

Для обеспечения качества атмосферного воздуха устанавливается определенная норма эмиссии (предельно допустимых выбросов (ПДВ)) загрязняющих веществ со всех антропогенных источников, чтобы процессы природного самоочищения способствовали поддержанию их концентрации в пределах гигиенических нормативов качества, а именно комплексный показатель качества компонента ОС

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (1)$$

где  $P$  – интегральный показатель загрязнения атмосферного воздуха;  $C_i$ ,  $\text{ПДК}_i$  – концентрация  $i$ -го вещества и его предельно-допустимая концентрация соответственно,  $\text{мг/м}^3$ .

При этом материальный баланс содержания вещества  $i$  описывается следующим уравнением [11]:

$$\frac{dm_i}{dt} = Q_i - N_i, \quad (2)$$

где  $m_i$  – масса ЗВ в атмосферном воздухе,  $\text{мг}$ ;  $t$  – время наблюдения,  $\text{с}$ ;  $Q_i$  – масса выброса ЗВ из промышленных источников в единицу времени,  $\text{мг/с}$ ;  $N_i$  – скорость стока ЗВ из атмосферного воздуха,  $\text{мг/с}$ .

Концентрация газа определяется по формуле

$$C_i = \frac{m_i}{V}, \quad (3)$$

где  $V$  – объем атмосферного воздуха,  $\text{м}^3$ .

Преобразуя формулу (2), получаем

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q_i - N_i}{V}. \quad (4)$$

Вследствие того, что система управления качеством атмосферного воздуха должна обеспечивать благоприятное состояние для жизнедеятельности населения и сохранения биоразнообразия, то на уравнение (4) на-

кладывается условие  $C_i \leq \text{ПДК}_i$ . Концентрация эмитента на некотором расстоянии  $x$  от источника определяется по распределению Гаусса, и для соблюдения нормативных значений должно выполняться следующее условие [10]:

$$C(y, z) = \frac{Q}{2\pi v \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left( e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right) \leq \text{ПДК}_i, \quad (5)$$

где  $\sigma_z$ ,  $\sigma_y$  – дисперсии концентрации загрязняющего вещества соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях (определяются на основе класса устойчивости по Паскуиллу) [12, 13].

Для учета физико-химических свойств веществ требуется корректировка  $\sigma_z$ ,  $\sigma_y$  по коэффициенту молекулярной диффузии

$$\sigma_{\text{диф } z}, \sigma_{\text{диф } y} = \sigma_z, \sigma_y \left( 1 + \frac{D}{D_t} \right), \quad (6)$$

где  $D$  – коэффициент молекулярной диффузии газа,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $D_t$  – коэффициент турбулентной диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Коэффициент  $D_t$  можно взять из справочной таблицы [14]. Молекулярная диффузия газов рассчитывается по формулам Стефана–Максвелла, Фултона и Вилке [15, 16].

В формулах (2) и (4) скорость стока ЗВ из атмосферного воздуха определяется

$$N_i = C_i v S, \quad (7)$$

где  $C_i$  – текущая концентрация ЗВ в атмосферном воздухе города,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $v$  – скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $S$  – площадь территории,  $\text{м}^2$ ,

$$S = l H_{\text{сл.пер}}, \quad (8)$$

где  $l$  – ширина зоны переноса,  $\text{м}$ ;  $H_{\text{сл.пер}}$  – высота слоя перемешивания,  $\text{м}$ ;

$$l = 2L \tan(\vartheta), \quad (9)$$

где  $L$  – расстояние от источника до точки расчета,  $\text{м}$ ;  $\vartheta$  – угол рассеивания загрязненной газовой смеси.

Угол рассеивания может быть установлен согласно классу устойчивости по Паскуиллу [12, 13]: А –  $\vartheta \approx 90^\circ$ ; В –  $\vartheta \approx 60^\circ$ ; С –  $\vartheta \approx 45^\circ$ ; D –  $\vartheta \approx 30^\circ$ ; E –  $\vartheta \approx 15^\circ$ ; F –  $\vartheta \approx 10^\circ$ .

Величина  $N_i$  определяется метеорологическим и орографическими условиями, влияние на которые невозможно. Поэтому для сохранения благоприятного качества атмосферного воздуха населенных мест необходимо управлять значением  $Q_i$  в зависимости от текущей метеорологической ситуации. Следовательно,  $Q_i$  является величиной управляемой,  $N_i$  – управляющей.

Таким образом, управление химическим составом атмосферного воздуха города должно основываться:

- 1) на метеорологической ситуации;
- 2) текущей концентрации токсикантов в воздухе селитебной территории;
- 3) получении репрезентативных данных при проведении мониторинга качества атмосферного воздуха.

### **Материалы и методы**

В качестве исходных данных используются модели различных метеорологических ситуаций. Примеры расчетов выполнены на основе информации, полученной на автоматизированной станции контроля атмосферного воздуха (АСКАВ) в г. Стерлитамаке (Республика Башкортостан) по ул. Фурманова. Рекомендуемый промышленный выброс рассчитывается исходя из уравнения материального баланса (поступления и стока) содержания загрязняющих веществ в воздухе города.

#### **Условие нормальной конвекции (закон Гаусса, нормальное распределение)**

Условие нормальной конвекции характеризуется постоянной скоростью ветра, классом стабильности по Паскуиллу А, В, С, D, снижением температуры атмосферного воздуха с высотой [17]. В этом случае значение  $N_i$  является значительным вследствие  $H_{\text{сл.пер}} \gg 0$ . Для расчета  $N_i$  высоту слоя перемешивания определяют любым доступным методом (температурной стратификацией, радиозондированием, спутниковой, лидарной съемками и др.), либо принять среднее значение по региону. Например, для г. Уфы  $H_{\text{сл.пер}}$  изменяется от 350 м в зимний период до 1620 м – в летний [18].

При метеорологических условиях, соответствующих высокому коэффициенту диффузии, влияние промышленной эмиссии на загрязнение атмосферного воздуха города имеет место быть в случае, если газовое облако движется, пересекая жилые кварталы. Направление ветра является опасным, и требуется установить коэффициент влияния предприятия. Под безопасным понимается направление потока ветра, когда загрязненное газовое облако направляется в сторону от города. В этом случае массовый расход промышленного выброса определяется по установленному производственному ПДВ.

В общем виде, если выброс  $i$ -го ЗВ осуществляется из нескольких источников, суммарный массовый расход определяется (рис. 1)

$$Q_i = Q_1 + \dots + Q_N, \quad (10)$$

где  $Q_1, Q_N$  – массы выброса вещества  $i$  из антропогенных источников 1 и  $N$  соответственно.

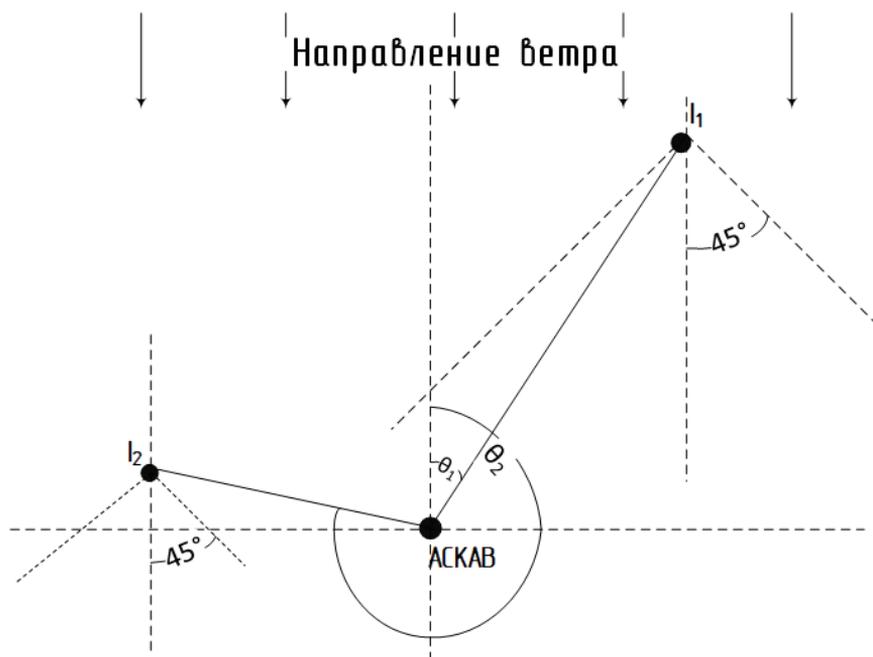


Рис. 1. Схема определения коэффициента влияния источника на концентрацию вещества

Однако при различных параметрах устойчивости атмосферного воздуха и ветрового режима влияние некоторых источников на содержание токсикантов в воздухе селитебных территорий не оказывается. Так, при стабильности типа А шлейф газового облака находится в границах сектора в  $90^\circ$ . В условиях установления класса устойчивости F зона распространения сужается до  $10^\circ$  [19]. Таким образом, формула (10) примет вид

$$Q_i = \infty_1 Q_1 + \dots + \infty_N Q_N, \quad (11)$$

где  $\infty_1$ ,  $\infty_N$  – коэффициенты влияния соответственно источников 1 и  $N$  на концентрацию вещества  $i$  в селитебной зоне.

В связи с тем, что каждый источник определяет содержание загрязняющего вещества  $i$  на АСКАВ, то

$$C_i = \infty_1 C_1 + \dots + \infty_N C_N, \quad (12)$$

где  $C_1$ ,  $C_N$  – концентрации вещества  $i$ , возникшие в результате рассеивания выброса соответственно из антропогенных источников 1 и  $N$ .

Рассмотрим влияние двух источников  $I_1$  и  $I_2$  на содержание вещества  $i$  в точке нахождения АСКАВ (см. рис. 1). Направление ветра  $0^\circ$ . Устойчивость атмосферного воздуха Паскуиллу типа А.

Для каждого источника выброса устанавливается азимут между точкой расположения АСКАВ и местом организованного выброса  $\vartheta_{\text{ист}}$ . Для источника  $I_1$  угол составляет  $\vartheta_{\text{ист}1}$ , для  $I_2$  –  $\vartheta_{\text{ист}2}$ .

При ветре  $0^\circ$  зоной охвата является сектор диапазона изменения  $(0 + 45 = 45^\circ, 0 - 45 = -45^\circ \Rightarrow 360 - 45 = 315^\circ) 315^\circ \dots 45^\circ$ . По рисунку 1 наглядно видно, что источник  $I_1$  входит в диапазон влияния, а  $I_2$  – нет. Коэффициенты  $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0$ .

Для построения диаграммы влияния выбросов промышленных источников на концентрацию эмитента в точке наблюдения требуется:

- 1) установить координаты точки наблюдения, для примера  $H(0, 0)$ ;
- 2) рассчитать координаты точек источников выброса по формулам:

$$x_{p_{ист1}} = r \cos(\vartheta_{ист1}); \quad y_{p_{ист1}} = r \sin(\vartheta_{ист1}); \quad (13)$$

- 3) определить класс устойчивости атмосферного воздуха по Паскуиллу;
- 4) определить угол сектора рассеивания согласно классу устойчивости атмосферного воздуха по Паскуиллу;
- 5) вычислить границы сектора влияния:

$$\vartheta_{\min} = \nu - \vartheta_{сект} / 2; \quad \vartheta_{\max} = \nu + \vartheta_{сект} / 2, \quad (14)$$

где  $\vartheta_{\min}, \vartheta_{\max}$  – соответственно максимальный и минимальный углы сектора рассеивания загрязненного газового облака;

- 6) определить точки границ сектора влияния:

$$x_{сект_{ист1}} = x_{p_{ист1}} + r \cos(\vartheta_{\min}); \quad y_{сект_{ист1}} = y_{p_{ист1}} + r \sin(\vartheta_{\min}); \quad (15)$$

- 7) определить  $\sigma_y(x), \sigma_z(x)$ :

$$\sigma_{y\_base}(x) = a x^b; \quad \sigma_{z\_base}(x) = c x^d, \quad (16)$$

где  $x$  – расстояние от источника выброса до некоторой точки;  $a, b, c, d$  – коэффициенты, определяемые на основе класса устойчивости по Паскуиллу;

- 8) провести корректировку  $\sigma_y(x), \sigma_z(x)$  для учета скорости ветра и расстояния от источника выброса до точки наблюдения:

$$\sigma_y(x), \sigma_z(x) = \sigma_{y\_base}, \sigma_{z\_base} \frac{r}{\sqrt{v}}; \quad (17)$$

- 9) рассчитать концентрацию вещества в точке наблюдения согласно формуле (5).

На рассеивание примесей в атмосферном воздухе оказывает влияние множество факторов, которые включают в себя параметры ландшафта и климата местности, источников выброса, поэтому формулу (12) можно преобразовать следующим образом:

$$C_i = \infty_1 d_1 Q_1 + \dots + \infty_N d_N Q_N, \quad (18)$$

где

$$d_1 = \frac{1}{2\pi v \sigma_{y1} \sigma_{z1}} e^{-\frac{y_1^2}{2\sigma_{y1}^2}} \left( e^{-\frac{(z_1 - H_1)^2}{2\sigma_{z1}^2}} + e^{-\frac{(z_1 + H_1)^2}{2\sigma_{z1}^2}} \right); \quad (\text{согласно (5)})$$

$$d_N = \frac{1}{2\pi v \sigma_{yN} \sigma_{zN}} e^{-\frac{y_N^2}{2\sigma_{yN}^2}} \left( e^{-\frac{(z_N - H_N)^2}{2\sigma_{zN}^2}} + e^{-\frac{(z_N + H_N)^2}{2\sigma_{zN}^2}} \right). \quad (\text{согласно (5)})$$

Мощность выброса источника определяется

$$Q = C_{\text{ист}} F_{\text{ист}}, \quad (19)$$

где  $C_{\text{ист}}$  – концентрация ЗВ на источнике выброса, мг/м<sup>3</sup>;  $F_{\text{ист}}$  – расход выброса источника, м<sup>3</sup>/с.

Расход газозвушной смеси определяется

$$F_{\text{ист}} = \frac{\pi D^2}{4} \omega, \quad (20)$$

где  $D$  – диаметр устья источника;  $\omega$  – скорость расхода газозвушной смеси.

С учетом формул (19) и (20), концентрация вещества в точке наблюдения определяется

$$C_i = \infty_1 d_1 C_{\text{ист}1} \left( \frac{\pi D_1^2}{4} \omega_1 \right) + \dots + \infty_N d_N C_{\text{ист}N} \left( \frac{\pi D_N^2}{4} \omega_N \right). \quad (21)$$

В условиях непрерывного выброса множественными источниками промышленных предприятий при штатных условиях выполняется условие сохранения качества атмосферного воздуха селитебных территорий и  $C_i < \text{ПДК}_i$ . При ситуации  $C_i > \text{ПДК}_i$  требуется проведение мероприятий по изменению параметров производственного выброса, а именно:

- 1) необходимо установить источники поступления ЗВ;
- 2) провести корректировку антропогенной нагрузки.

Источники поступления ЗВ в воздух выявляются на основе анализа данных, полученных на АСКАВ, по маркерным веществам и газам глобального распространения, поступающим с каждого источника. При свободной конвекции происходит распределение ЗВ по высоте, согласно их физико-химических свойствам. Кроме того, в воздухе городов образуются островки тепла, которые усиливают вертикальный транспорт примесей. Таким образом, измерение и регистрация концентрации токсикантов на различных высотах позволяет установить текущую ситуацию качества атмосферного воздуха города и на их основе принять решения по изменению объемов выброса.

Изменение параметров выброса определяется расчетным методом. Допущением является невозможность моментально оказать влияние на технологический процесс предприятия и скорректировать концентрацию токсиканта в газовой смеси, поэтому параметром изменения является расход газа на каждом из источников. Согласно формуле (15), можно определить изменение  $\omega$  на каждом из источников. Возможно несколько вариантов изменения параметров источников выброса.

Вариант 1. Источником выброса вещества  $i$  является одно предприятие. Для обеспечения условия сохранения качества атмосферного воздуха на различных высотах, согласно формуле (1), в качестве  $C_i$  необходимо использовать максимальное значение из массива измеренных концентрации вещества на различных высотах  $C_{i\max}$ . Пусть необходимо изменить массовый расход выброса на  $m$  источнике, тогда

$$\omega_m = \frac{4(C_{i\max} - \text{ПДК}_i)}{\pi D^2} \frac{1}{(\infty_m d_m C_{\text{ист } m})}. \quad (22)$$

Вариант 2. Источником выброса вещества  $i$  является  $N$  предприятий. Требуется корректировать фактический расход выброса со всех  $N$  источников равномерно, тогда

$$\omega_1 = \frac{4(C_{i\max} - \text{ПДК}_i)}{N\pi D_1^2} \frac{1}{(\infty_1 d_1 C_{\text{ист } 1})}, \dots, \omega_N = \frac{4(C_{i\max} - \text{ПДК}_i)}{N\pi D_N^2} \frac{1}{(\infty_N d_N C_{\text{ист } N})}. \quad (23)$$

Таким образом, алгоритм оценки соблюдения гигиенических нормативов вещества  $i$  в атмосферном воздухе представляет собой следующую последовательность действий:

- 1) определение перечня веществ, содержащихся на каждом источнике выброса, и коэффициентов  $d$ ;
- 2) измерение скорости и направления ветра, определение вектора пространства газового облака;
- 3) определение сектора влияния газового шлейфа;
- 4) определение перечня источников загрязнения;
- 5) измерение и регистрация концентрации вещества  $i$  в жилой зоне;
- 6) сравнение концентрации вещества  $i$  с ПДК;
- 7) при превышении концентрации вещества  $i$  на АСКАВ, расчет корректирующих коэффициентов фактического расхода выброса для каждого источника из п. 4 вышеприведенного алгоритма. Рекомендуемый расход промышленного выброса определяется на основе формул (22), (23).

Рассмотрим примеры свободного распространения загрязняющих веществ в г. Стерлитамаке (Республика Башкортостан) при благоприятных метеорологических условиях, где имеется множество источников промышленного выброса. Площадь города равна  $1,08 \cdot 10^8 \text{ м}^2$ .

Пример 1. Рассмотрено рассеивание 1,2-дихлорэтана в атмосферном воздухе на основе данных АСКАВ от 25 января 2016 г. ночью в пасмурную погоду. Класс стабильности по Паскуиллу С. Угол сектора рассеивания равен  $45^\circ$ . Промышленная эмиссия осуществляется с одного источника, расположенного в северо-западном направлении на расстоянии 2,31 км до АСКАВ, азимут составляет  $330^\circ$ . Годовой выброс 439,6 т (13,9 г/с). Направление ветра  $351^\circ$ . Средняя скорость ветра 1,1 м/с. Концентрация 1,2-дихлорэтана составляет  $0,003402 \text{ мг/м}^3$ . Высота слоя перемешивания в январе 360 м [12].

Рассчитаем сектор влияния:  $\vartheta_{\min} = 351 - 22,5 = 328,5^\circ$ ;  $\vartheta_{\max} = 351 + 22,5 = 373,5^\circ$  ( $13,5^\circ$ ). Таким образом, азимут источников, оказывающих влияние на содержание эмитентов в атмосферном воздухе, находится в диапазоне  $328,5^\circ \dots 373,5^\circ$  ( $13,5^\circ$ ). Источник оказывает влияние на содержание 1,2-дихлорэтана в воздухе около АСКАВ, и  $\alpha_1 = 1$ ,  $C_i = \infty_1 d_1 Q_1$ .

Согласно (4):

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{13900 - 0,003402 \cdot 2310 \cdot 1,1 \cdot 360 \cdot \tan(45^\circ)}{39 \cdot 10^9} = 2,76 \cdot 10^{-7} \text{ мг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}).$$

Таким образом, за 1 с концентрация 1,2- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$  в атмосферном воздухе города увеличивается на  $2,76 \cdot 10^{-7} \text{ мг}/\text{м}^3$ . Содержание газа через 1 ч составит  $0,004398 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Согласно расчету по распределению Гаусса, концентрация 1,2-дихлорэтана при заданных условиях составляет  $0,0056 \text{ мг}/\text{м}^3$ . На автоматизированной станции контроля атмосферного воздуха концентрация газа через 60 мин составила  $0,004889 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Пример 2. Проведен расчет концентрации бензола в атмосферном воздухе по данным на 3 января 2016 г., днем в пасмурную погоду. Класс стабильности по Паскуиллу С. Угол сектора рассеивания равен  $45^\circ$ . Направление ветра  $347^\circ$ . Средняя скорость ветра  $1,1 \text{ м}/\text{с}$ . Концентрация  $\text{C}_6\text{H}_6$  составляет  $0,01184 \text{ мг}/\text{м}^3$ . Промышленная эмиссия осуществляется из 6 стационарных источников:

1) производство «Каустик», азимут  $330^\circ$ , годовой выброс  $\text{C}_6\text{H}_6$  –  $195,3 \text{ т}/\text{год}$  ( $6,19 \text{ г}/\text{с}$ ), расстояние до АСКАВ  $2310 \text{ м}$ ;

2) АО «Известковый завод», азимут  $0^\circ$ , годовой выброс  $\text{C}_6\text{H}_6$  –  $42,9 \text{ т}/\text{год}$  ( $1,56 \text{ г}/\text{с}$ ), расстояние до АСКАВ  $3270 \text{ м}$ ;

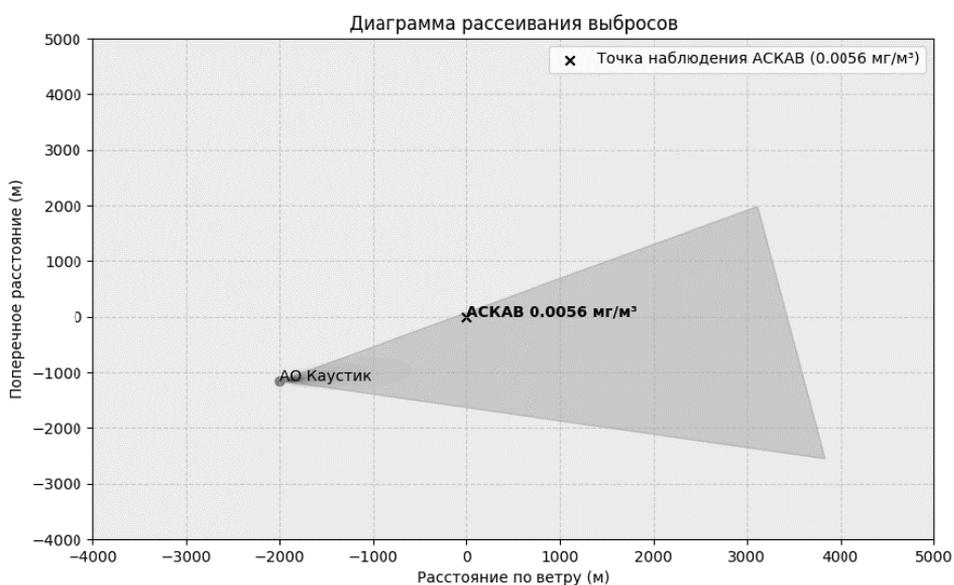


Рис. 2. Схема распространения эмиссии 1,2- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$  согласно примеру 1

3) АО «Стерлитамакский нефтехимический завод», азимут  $5^\circ$ , годовой выброс  $C_6H_6$  – 102,7 т/год (3,25 г/с), расстояние до АСКАВ 3810 м;

4) ООО «ХайдельбергЦемент Рус», азимут  $61^\circ$ , годовой выброс  $C_6H_6$  – 625,6 т/год (19,8 г/с), расстояние до АСКАВ 2150 м;

5) АО «Башкирская содовая компания», азимут  $40^\circ$ , годовой выброс  $C_6H_6$  – 34077 т/год (1080 г/с), расстояние до АСКАВ 2790 м;

6) АО «Башспирт», азимут  $64^\circ$ , годовой выброс  $C_6H_6$  – 24,2 т/год (0,767 г/с), расстояние до АСКАВ 3530 м.

Рассчитаем сектор влияния:  $\vartheta_{\min} = 347 - 22,5 = 324,5^\circ$ ;  $\vartheta_{\max} = 347 + 22,5 = 369,5^\circ$  ( $9,5^\circ$ ). Таким образом, азимут источников, оказывающих влияние на содержание эмитентов в атмосферном воздухе, находится в диапазоне  $324,5^\circ \dots 369,5^\circ$  ( $9,5^\circ$ ).

Согласно проведенному расчету и рис. 3, на содержание бензола в воздухе близ АСКАВ оказывают влияние 3 источника 1 категории: производство «Каустик», АО «Известковый завод», АО «Стерлитамакский нефтехимический завод». Распространение газовых эмиссий ООО «ХайдельбергЦемент Рус», АО «БСК» и АО «Башспирт» осуществляется в сторону от места контроля, так как азимут не входит в диапазон  $324,5^\circ \dots 369,5^\circ$  ( $9,5^\circ$ ). В связи с этим  $\alpha_1 = 1$ ,  $\alpha_2 = 1$ ,  $\alpha_3 = 1$ ,  $\alpha_4 = 0$ ,  $\alpha_5 = 0$ ,  $\alpha_6 = 0$  и  $C_1 = d_1Q_1 + d_2Q_2 + d_3Q_3$ .

Согласно (4):

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{6190 + 1560 + 3250}{39 \cdot 10^9} - \frac{0,01184 \cdot 1,1 \cdot 360 \cdot \tan(45^\circ) \cdot (2310 + 3270 + 3810)}{39 \cdot 10^9} = -8,46 \cdot 10^{-7} \text{ мг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}).$$

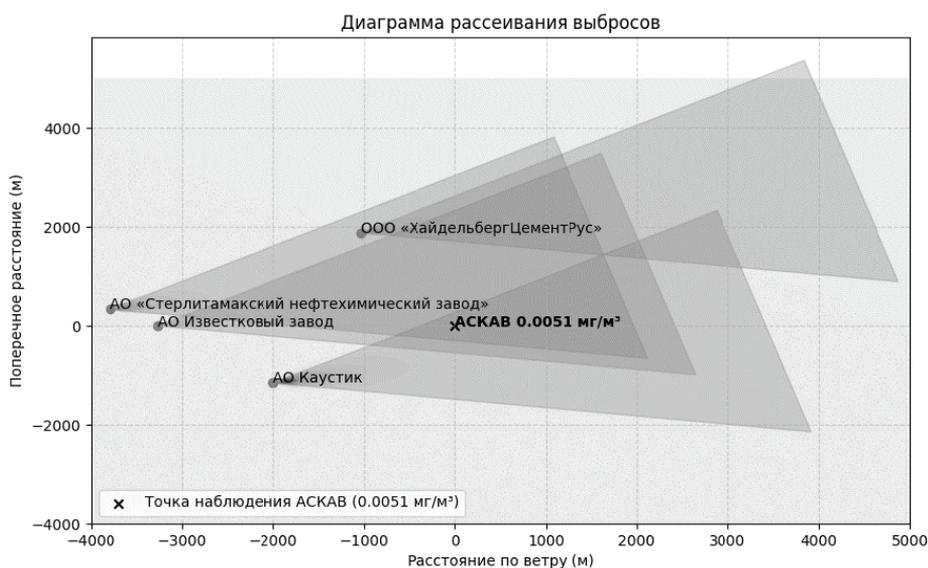


Рис. 3. Схема распространения эмиссии  $C_6H_6$  согласно примеру 2

Следовательно, за 1 с концентрация  $C_6H_6$  в атмосферном воздуха города уменьшается на  $8,46 \cdot 10^{-7}$  мг/м<sup>3</sup>, или через 1 ч содержание вещества равно 0,0087 мг/м<sup>3</sup>. Согласно данным, полученным на АСКАВ, через 60 мин концентрация бензола составила 0,0055 мг/м<sup>3</sup>.

Согласно распределению Гаусса при выбросе бензола из трех источников его концентрация на АСКАВ составляет 0,0051 мг/м<sup>3</sup>.

### Штиль (застойное явление)

Штиль (застойное явление) характеризуется малой скоростью ветра либо отсутствием движения воздушных масс. При этом коэффициент влияния всех источников организованного выброса максимальный. В соответствии с формулой (4),  $N_i = 0$ , так как  $v = 0$ . Тогда, при штиле концентрация загрязняющих веществ  $i$

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q_i - N_i}{V} \geq C_i = \frac{Q_i}{V} t < \text{ПДК}_i.$$

Согласно расчетным методам,  $\text{ПДК}_i$  в селитебной зоне обеспечивается при соблюдении предельно допустимого выброса (ПДВ) промышленного предприятия, поэтому в случае  $C_i \geq \text{ПДК}_i$  требуется корректировка выбросов.

Для примера рассмотрим изменение концентрации загрязняющих веществ в г. Стерлитамаке Республики Башкортостан на высоте 2 м в период штиля:

1) рассмотрено изменение концентрации 1,2-дихлорэтана в атмосферном воздухе 31.12.2015 г. Класс устойчивости по Паскуиллу А. Сектор влияния составляет 90°. Ситуация аналогична рис. 1, и если азимут источников выброса находится в диапазоне 315°...45°, то он оказывает влияние на содержание эмитента в атмосферном воздухе точки наблюдения. Источник АО «Каустик» удовлетворяет данному условию, и

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{13900}{39 \cdot 10^9} = 3,56 \cdot 10^{-7} \text{ мг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}).$$

В безветренную погоду при постоянном массовом расходе промышленного выброса 1,2-дихлорэтана происходит его накопление со скоростью 3,56 мг/м<sup>3</sup> за 1 с. По данным расчета, за 60 мин увеличивается концентрация с 0,1186 до 0,11988 мг/м<sup>3</sup>. Согласно данным АСКАВ, за 1 ч содержание 1,2-дихлорэтана в воздухе повысилось с 0,1186 до 0,1218 мг/м<sup>3</sup>. Концентрации 1,2- $C_2H_4Cl_2$  по методу распределения Гаусса – 0,0182 мг/м<sup>3</sup> (рис. 4).

2) рассмотрено изменение концентрации бензола в атмосферном воздухе 31.12.2015 г. Условия рассеивания аналогичны примеру 1. Источниками, оказывающими влияние на содержание газа в точке наблюдения, согласно классу устойчивости и сектору рассеивания, являются АО «Каустик», АО «Известковый завод», АО «Стерлитамакский нефтехимический завод», АО «БСК».

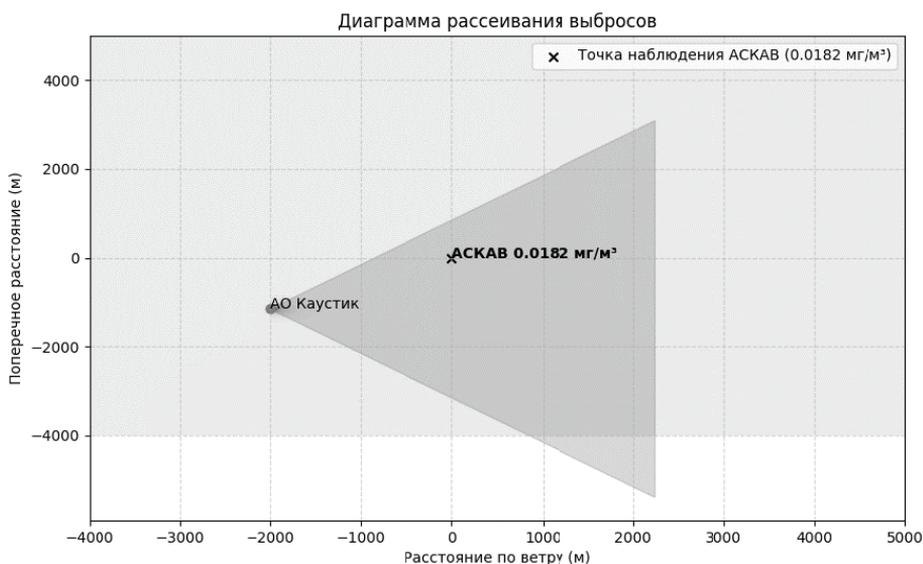


Рис. 4. Схема рассеивания эмиссии 1,2-дихлорэтана при штиле

В связи с этим

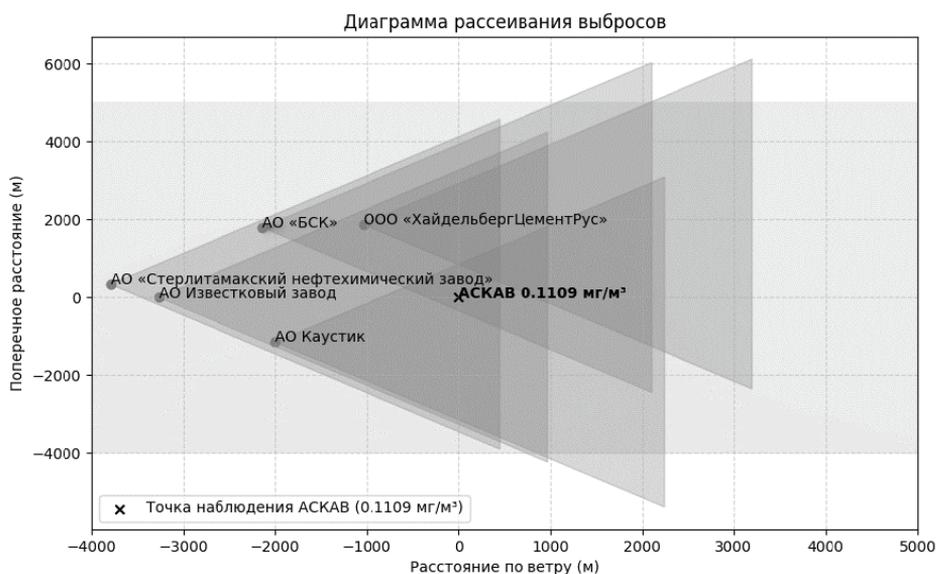
$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{6190 + 1560 + 3250 + 1080000}{39 \cdot 10^9} = 2,79 \cdot 10^{-5} \text{ мг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}).$$

Застойное явление способствует темпу накопления бензола в атмосферном воздухе города  $2,79 \text{ мг}/\text{м}^3$  за 1 с или  $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$  за 1 ч, при постоянной эмиссии с промышленных источников. Согласно расчету, содержание газа через 1 ч возрастает до  $0,146 \text{ мг}/\text{м}^3$  (на станции за 60 мин ранее зарегистрировано  $0,04535 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). На автоматизированной станции контроля атмосферного воздуха концентрация бензола составила  $0,04276 \text{ мг}/\text{м}^3$ . По распределению Гаусса концентрация  $\text{C}_6\text{H}_6$  –  $0,1109 \text{ мг}/\text{м}^3$  (рис. 5).

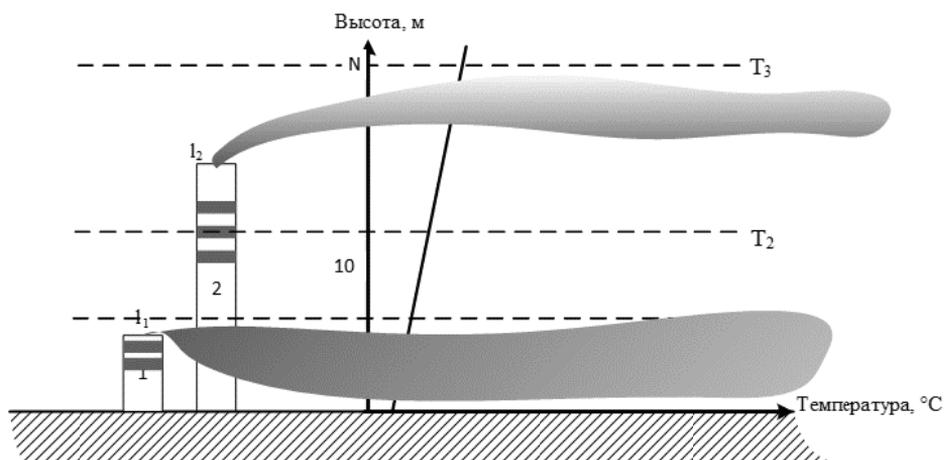
### Приземная инверсия

Факт установления приземной инверсии осуществляется путем измерения температуры атмосферного воздуха на разных высотах. Для определения изменения градиента температуры реализовано ее измерение в нескольких точках по вертикали [9, 10]. Количество позиций определяется параметрами источников промышленного выброса, которые расположены вблизи населенного пункта. Например, если около жилых кварталов имеются два действующих организованных источника выброса с высотой  $l_1$ ,  $l_2$ , то требуется три точки измерения и регистрации температуры по высоте (рис. 6):

- $T_1$  – 2 м от поверхности земли;
- $T_2$  – 10 м;
- $T_3$  – на высоте, соответствующей самому высокому зданию города.



**Рис. 5. Схема распространения эмиссии  $C_6H_6$  при штиле**



**Рис. 6. Схема распространения промышленных выбросов при приземной инверсии**

Ситуация приземной инверсии возникает при условии  $T_1 < T_2$ ,  $T_1 < T_3$  (см. рис. 6). В этом случае загрязняющие эмитенты, находящиеся в воздухе, прижимаются к земной поверхности. Кроме того, добавляются вещества, выбрасываемые действующими источниками.

При этом значительное влияние на гигиеническое состояние атмосферного воздуха оказывают приземные эмиссии, например, выхлопные газы автотранспорта. Между тем влияние высотных источников на компонентный состав приземного воздуха мало. Их вертикальное рассеивание затруднено. Загрязняющие вещества распространяются преимущественно в горизонтальном направлении по ветру.

На основании вышеизложенного,  $H_{\text{сл.пер}} = 0 \Rightarrow N_i = 0$ . В связи с этим массовый расход выбросов промышленных предприятий следует скорректировать. Однако в период приземной инверсии сила ветра может быть более 1 м/с, что требует выявления источника загрязнения. Для этого необходимо определение коэффициента влияния промышленных выбросов, концентрации токсикантов на различных высотах (см. рис. 6). Поведение токсикантов аналогично случаям, рассмотренным для застойных атмосферных явлений.

Проведен расчет рассеивания 1,2-дихлорэтана (рис. 7) и бензола (рис. 8) в период приземной инверсии из приоритетных источников. Скорость ветра 1 м/с. Класс устойчивости по Паскуиллу F. Сектор рассеивания составляет  $10^\circ$ . По диаграмме рассеивания 1,2- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$  наглядно видно, что источник АО «Каустик» не оказывает влияния на содержание газа на АСКВАВ. Однако, согласно распределению Гаусса, концен-

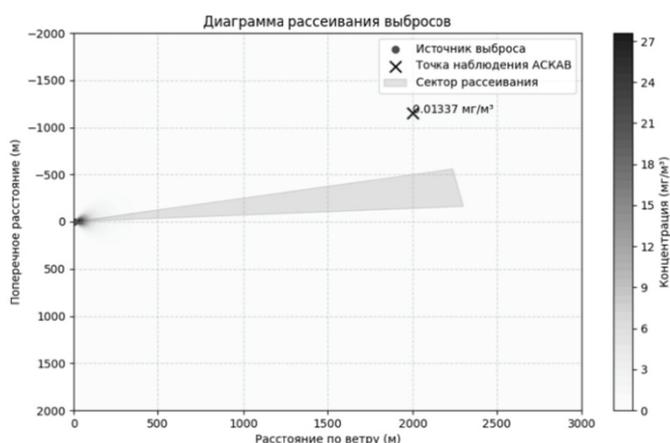


Рис. 7. Схема распространения эмиссии 1,2- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$  в период приземной инверсии

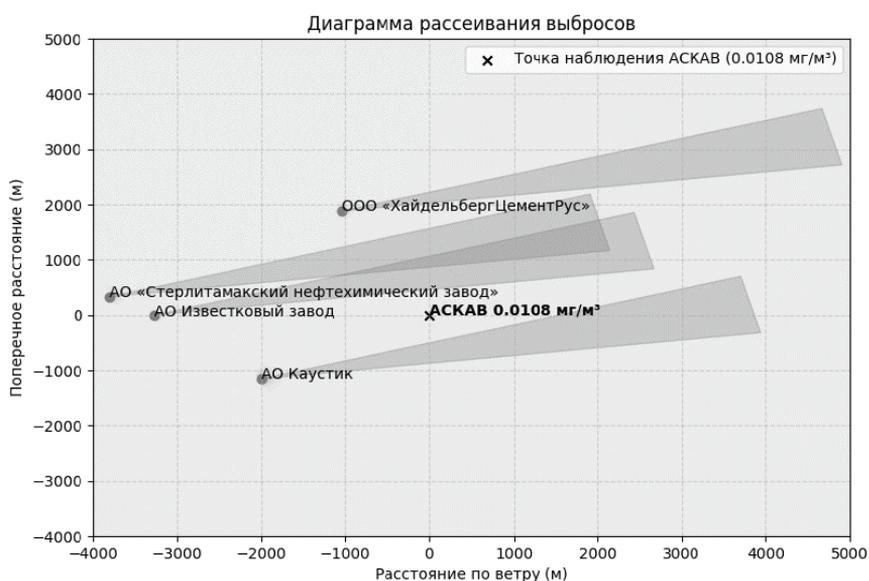


Рис. 8. Схема распространения эмиссии  $\text{C}_6\text{H}_6$  в период приземной инверсии

трация 1,2-С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> равна 0,01337 мг/м<sup>3</sup>. Аналогично рассеивание бензола: организованные источники предприятий-эмитентов не оказывают влияние на его концентрацию в точке наблюдения. Расчет по распределению Гаусса демонстрирует содержание С<sub>6</sub>Н<sub>6</sub> 0,0108 мг/м<sup>3</sup>.

Согласно данным, полученным АСКАВ, средняя концентрация С<sub>6</sub>Н<sub>6</sub> в период инверсии составляет 0,005 мг/м<sup>3</sup>, 1,2-С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> – 0,008 мг/м<sup>3</sup>.

### Приподнятая инверсия

Приподнятая инверсия возникает в случае, если  $T_2 < T_3$  и  $T_1 > T_2$  (рис. 9). Согласно схеме, нижняя граница инверсии располагается между первым  $l_1$  и вторым  $l_2$  источниками. Эмиссия токсикантов с  $l_1$  источника прижимается к земной поверхности. В этом случае высота слоя перемешивания для него составляет 10 м – это «крышка» инверсии (см. рис 9). Выбросы организованных источников, находящихся выше нее, не перемещаются в слой ниже, образуя зону высотного загрязнения.

Высота «крышки» приземной инверсии определяется в соответствии с показаниями термометров  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ . Следовательно, на основании данных по стратификации температуры воздуха составляется карта с указанием предприятия, приоритетных ЗВ, диапазона высот ( $H_1$ ,  $H_2$ ) и абсолютного значения слоя перемешивания ( $H_2 - H_1$ ) для каждого источника выброса.

Определение массового расхода выброса предприятия осуществляется на основе методики, описанной при условии свободной конвекции с учетом расположения «крышки» приземной инверсии и влияния источников.

Алгоритм оценки и реагирования при наличии приподнятой инверсии включает в себя следующую последовательность действий:

- 1) определение коэффициента влияния промышленных выбросов;
- 2) определение нижней границы инверсии;

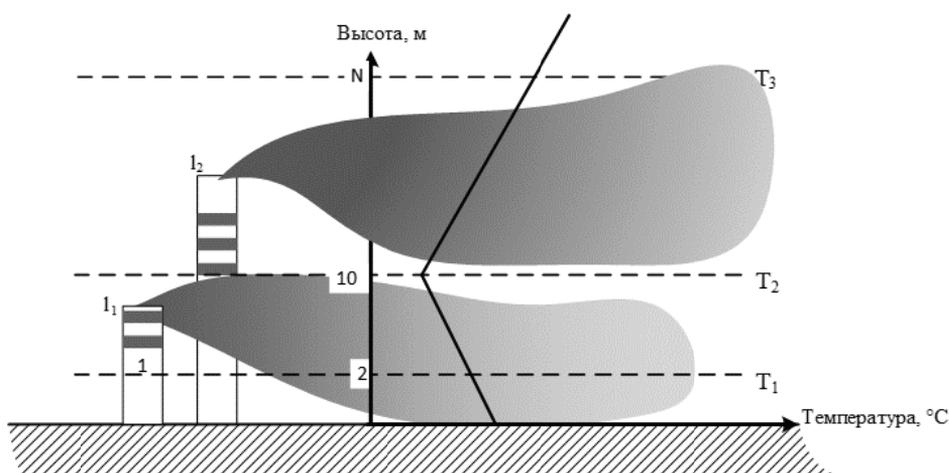


Рис. 9. Схема распространения промышленных выбросов при приподнятой инверсии



**Рис. 10. Структуры экспертной системы мониторинга атмосферного воздуха населенных мест близ промышленных предприятий (а) и ее потоков данных (б)**

3) перечень эмитентов, выбросы которых оказывают влияние содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на каждой высоте;

4) определение рекомендуемого массового расхода выброса каждого источника выброса.

Разработана экспертная система по определению предпочтительного массового расхода выброса промышленных предприятий, включающая два модуля (рис. 10, а): определение метеорологической ситуации и рекомендуемого массового расхода выброса с промышленного источника. Для установления аэрологических явлений требуются данные погоды. Входными данными являются: стратификация температуры  $T_1, T_2, \dots, T_k$ , направление  $I$ , скорость  $v$  ветра, стратификация концентрации ЗВ по вертикали. Выходными переменными являются массовые расходы загрязненного газового выброса  $\omega_1, \dots, \omega_N$  с каждого промышленного источника. Структура данных экспертной системы мониторинга представлена на рис. 10, б.

### Заключение

В результате исследования разработана система управления качеством атмосферного воздуха жилых зон. Она позволяет определять текущую метеорологическую ситуацию и вырабатывать рекомендации по промышленному выбросу. Разработаны алгоритмы оценки соблюдения гигиениче-

ских норм концентрации веществ для ситуаций свободной конвекции, штиля, приземной и приподнятой инверсий.

Полученные результаты могут быть использованы на любой территории, характеризующейся влиянием промышленных предприятий на качество атмосферного воздуха населенной местности.

*Исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»)*

#### *Список литературы*

1. Акчулпанов, Ю. К. Устойчивое развитие Республики Башкортостан Российской Федерации: текущее состояние и перспективы / Ю. К. Акчулпанов // Вестник университета. – 2024. – № 8. – С. 109 – 118. doi: 10.26425/1816-4277-2024-8-109-118

2. Пат. 2150126 Российская Федерация, МПК G01T 1/167. Автоматизированная система радиационного мониторинга окружающей среды региона / Соболев И. А., Соболев А. И., Проказова Л. М., Тихомиров В. А., Баринов В. С., Денисов А. А., Осадчий В. Н. ; заявитель и патентообладатель Московский НПО «Радон». – № 99102520/28 ; заявл. 08.02.1999 ; опубл. 27.05.2000. Бюл. № 15.

3. Пат. на полезную модель № 69266 Российская Федерация, МПК G01W 1/00. Автоматизированная система оперативного контроля воздушного бассейна города / Белан Б. Д.; заявитель Институт оптики атмосферы Сибирское отделение Российской академии наук. – № 2007128559/22 ; заявл. 24.07.2007 ; опубл. 10.12.2007. – Бюл. № 34. – 2 с.

4. Пат. на полезную модель № 61448 Российская Федерация, МПК G08C 19/00. Локальная автоматизированная система экологического мониторинга / Романенко С. Н., Скитев А. В.; заявитель ООО «ЭКОРОС». – № 2006110298/22 ; заявл. 31.03.2006 ; опубл. 27.02.2007. – Бюл. № 6. – 1 с.

5. Пат. № 2697571 Российская Федерация, МПК G01W 1/00. Автоматизированная система экологического мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона / Маслова А. А., Панарин В. М., Мешалкин В. П. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ). – № 2018142980 ; заявл. 05.12.2018 ; опубл. 15.08.2019. – Бюл. № 23. – 15 с.

6. Impacts on the Urban Air Quality and Health of Global Climate Scenarios Using Different Dynamical Downscaling Approaches / R. García, J. Camaño, L. Pérez, R. Barras, J. Pecci, A. Garzón, M. Palacios // Journal of Geoscience and Environment Protection. – 2016. – Vol. 4, No. 4. – P. 168 – 174. doi: 10.4236/gep.2016.44020

7. Choi, Yu. Scramjet Engine Flowpath That Improves Specific Impulse Using JP-7 Fuel / Yu. Choi, Ja. F. Driscoll // Journal of Propulsion and Power. – 2023. – Vol. 39, No. 3. – P. 589 – 601. doi: 10.2514/1.B38931

8. Yang, Q. The Relationships between PM<sub>2.5</sub> and Meteorological Factors in China: Seasonal and Regional Variations / Yang Q. // International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH). – 2017. – Vol. 14, No. 12. – P. 1510. doi: 10.3390/ijerph14121510

9. Пат. № 2804767 Российская Федерация, МПК G01N 1/26. Система отбора пробы атмосферного воздуха для автоматизированного контроля качества воздуха / Сафаров А. М., Кулакова Е. С.; заявитель ФГБОУ ВО «Уфимский государствен-

ный нефтяной технический университет». – № 2022128882 ; заявл. 07.11.2022 ; опубл. 05.10.2023. – Бюл. № 28. – 8 с.

10. Кулакова, Е. С. Система автоматизированного отбора пробы атмосферного воздуха / Е. С. Кулакова, А. М. Сафаров, В. И. Сафарова // *Экология и промышленность России*. – 2024. – Т. 28, № 3. – С. 16 – 21. doi: 10.18412/1816-0395-2024-3-16-21

11. Исидоров, В. А. Органическая химия атмосферы / В. А. Исидоров ; под ред. Б. В. Иоффе. – Л. : Химия : Ленингр. отд-ние, 1985. – 265 с.

12. Pasquill, F. The Estimation of the Dispersion of Windborne Material / F. Pasquill // *Meteorological Magazine*. – 1961. – Vol. 90, No. 1. – P. 33 – 49.

13. Gifford, F. A. The Dispersion of Pollutants in the Air / F. A. Gifford // *Journal of Meteorology*. – 1959. – Vol. 16, No. 5. – P. 505 – 511.

14. Hanna, S. R. Handbook of Atmospheric Diffusion / S. R. Hanna, G. A. Briggs, R. P. Hosker. – Technical Information Center U.S. Department of Energy, 1982. – 110 p.

15. Теляков, Э. Ш. Исследование многокомпонентной диффузии в газовых смесях / Э. Ш. Теляков, И. И. Низамов, Б. И. Таренко // *Теоретические основы химической технологии*. – 2013. – Т. 47, № 4. – С. 395 – 401. doi: 10.7868/S0040357113040155

16. Bird, R. B. Transport Phenomena / R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot. – John Wiley & Sons, 1960. – 780 p.

17. Блащинская, О. Н. Моделирование рассеивания выброса загрязняющих веществ / О. Н. Блащинская, К. Ю. Патрушев // *Вестник АНГТУ*. – 2023. – Т. 1, № 17. – С. 177 – 180.

18. Безуглая, Э. Ю. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справ. пособие / Э. Ю. Безуглая, Л. И. Елекоева, Е. К. Завадская. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.

19. Блащинская, О. Н. Моделирование рассеивания выброса загрязняющих веществ с учетом влияния адсорбции на изменение концентрации в атмосфере населенных мест / О. Н. Блащинская, К. Ю. Патрушев // *Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета*. – 2023. – № 20. – С. 252 – 257.

### References

1. Akhulpanov Yu. [Sustainable Development of the Republic of Bashkortostan of the Russian Federation: Current State and Prospects], *Vestnik Universiteta* [University Bulletin], 2024, no. 8, pp. 109-118. doi: 10.26425/1816-4277-2024-8-109-118 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Sobolev I.A., Sobolev A.I., Prokazova L.M., Tikhomirov V.A., Barinov V.S., Denisov A.A., Osadchiy V.N. *Avtomatizirovannaya sistema radiatsionnogo monitoringa okruzhayushchey sredy regiona* [Automated system for radiation monitoring of the regional environment], Russian Federation, 2000, Pat. 2150126 (In Russ.)

3. Belan B.D. *Avtomatizirovannaya sistema operativnogo kontrolya vozdušnogo basseyna goroda* [Automated system for operational monitoring of the city's air basin], Russian Federation, 2007, Pat. 69266 (In Russ.)

4. Romanenko S.N., Skitev A.V. *Lokal'naya avtomatizirovannaya sistema ekologicheskogo monitoringa* [Local Automated Environmental Monitoring System], Russian Federation, 2007, Pat. 61448 (In Russ.)

5. Maslova A.A., Panarin V.M., Meshalkin V.P. [et al.], *Avtomatizirovannaya sistema ekologicheskogo monitoringa i prognozirovaniya zagryazneniya atmosfernogo*

*vozdukha promyshlennogo regiona* [Automated system for environmental monitoring and forecasting of atmospheric air pollution in an industrial region], Russian Federation, 2019, Pat. 2697571 (In Russ.)

6. García R., Camaño J., Pérez L., Barras R., Pecci J., Garzón A., Palacios M. Impacts on the Urban Air Quality and Health of Global Climate Scenarios Using Different Dynamical Downscaling Approaches, *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2016, vol. 4, no. 4, pp. 168-174. doi: 10.4236/gep.2016.44020

7. Choi Yu., Driscoll Ja.F. Scramjet Engine Flowpath That Improves Specific Impulse Using JP-7 Fuel, *Journal of Propulsion and Power*, 2023, vol. 39, no. 3, pp. 589-601. doi: 10.2514/1.B38931

8. Yang Q. The Relationships between PM<sub>2.5</sub> and Meteorological Factors in China: Seasonal and Regional Variations, *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)*, 2017, vol. 14, no. 12, pp. 1510. doi: 10.3390/ijerph14121510

9. Safarov A.M., Kulakova Ye.S. *Sistema otbora proby atmosfernogo vozdukha dlya avtomatizirovannogo kontrolya kachestva vozdukha* [System for collecting atmospheric air samples for automated air quality control]; Russian Federation, 2023, Pat. 2804767 (In Russ.)

10. Kulakova Ye.S., Safarov A.M., Safarova V.I. [Automated system for collecting atmospheric air samples], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2024, vol. 28, no. 3, pp. 16-21. doi: 10.18412/1816-0395-2024-3-16-21 (In Russ., abstract in Eng.)

11. Isidorov V.A.; Ioffe B.V. (Ed.) *Organicheskaya khimiya atmosfery* [Organic chemistry of the atmosphere], Leningrad: Khimiya: Leningr. otdeleniye, 1985, 265 p. (In Russ.)

12. Pasquill F. The Estimation of the Dispersion of Windborne Material, *Meteorological Magazine*, 1961, vol. 90, no. 1, pp. 33-49.

13. Gifford F.A. The Dispersion of Pollutants in the Air, *Journal of Meteorology*, 1959, vol. 16, no. 5, pp. 505-511.

14. Hanna S.R., Briggs G.A., Hosker R.P. *Handbook of Atmospheric Diffusion*, Technical Information Center U.S. Department of Energy, 1982, 110 p.

15. Telyakov E.Sh., Nizamov I.I., Tarenko B.I. [Study of multicomponent diffusion in gas mixtures], *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical foundations of chemical technology], 2013, vol. 47, no. 4, pp. 395-401. doi: 10.7868/S0040357113040155 (In Russ., abstract in Eng.)

16. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, 1960, 780 p.

17. Blashchinskaya O.N., Patrushev K.Yu. [Modeling the dispersion of pollutant emissions], *Vestnik AnGTU* [Bulletin of AnSTU], 2023, vol. 1, no. 17, pp. 177-180. (In Russ., abstract in Eng.)

18. Bezuglaya E.Yu., Yelekoyeva L.I., Zavadskaya Ye.K. *Klimaticheskkiye kharakteristiki usloviy rasprostraneniya primesey v atmosfere: sprav. posobiye* [Climatic characteristics of the conditions for the spread of impurities in the atmosphere: reference manual], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983, 328 p. (In Russ.)

19. Blashchinskaya O.N., Patrushev K.Yu. [Modeling the dispersion of pollutant emissions taking into account the influence of adsorption on changes in concentration in the atmosphere of populated areas], *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Collection of scientific papers of the Angarsk State Technical University], 2023, no. 20, pp. 252-257 (In Russ., abstract in Eng.)

## Decision-Making System to Monitor the Quality of Atmospheric Air in Industrial Centers

E. S. Kulakova, V. I. Safarova, A. M. Safarov

*Institute of Chemical Technologies and Engineering,  
Branch of Ufa State Petroleum Technological University in Sterlitamak,  
Russia; Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia*

**Keywords:** atmospheric air; pollutant; stagnation; inversion; convection; quality management.

**Abstract:** An approach to assessing the quality of atmospheric air in residential areas near industrial enterprises is proposed, based on multi-altitude monitoring and the difference in the dispersion of various pollutants (PP) depending on the class of atmospheric stability. A formalized approach to industrial emissions management has been developed for conditions of normal spread of toxicants (free convection), calm, as well as ground and elevated inversions in order to create a favorable living environment for the population (maintaining the quality of atmospheric air in residential areas).

---

© E. С. Кулакова, В. И. Сафарова, А. М. Сафаров, 2025

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СПОСОБА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ КАРТ ХРАНЕНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА ПРЕПАРАТОМ «ПОЛИАМИНОЛ»**

**С. Б. Кунденюк, Д. Л. Марков, В. Н. Волкова,  
И. М. Казанцев, В. А. Шаланин**

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
Владивосток, Россия*

**Ключевые слова:** куриный помет; метод Штейнера; обеззараживание; препарат «Полиаминол»; расчет сети орошения.

**Аннотация:** Проведен анализ методов обеззараживания биогенных осадков. Проведены исследования и разработаны мероприятия по интенсификации обеззараживания отходов, образующихся на птицефабриках. Выявлена экспериментальным путем дозировка препарата исходя из физико-химических и бактериологических исходных показателей осадка. Определены характеристики обработанного куриного помета. Для обеспечения равномерного распределения дезинфицирующей жидкости по поверхности осадка выбран метод – орошение площадей хранения. Поставленная задача решена путем расчетов параметров перфорированного трубопровода методом, основанным на принципе определения минимальной длины для задачи соединения группы точек на плоскости кратчайшим путем.

### **Введение**

Обработка помета и осадка биологических очистных сооружений включает в себя такие мероприятия, как уплотнение, стабилизация органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизация ценных продуктов, ликвидация, а также обеззараживание. Биогенный осадок содержит в себе большое количество гельминтов и патогенных микроорганизмов. В благоприятных условиях яйца гельминтов способны переходить в инвазивную стадию и заражать людей и животных.

Термофильное анаэробное сбраживание, компостирование, тепловая обработка, термическая сушка и сжигание осадка хоть и способны обезза-

---

Кунденюк Светлана Борисовна – старший преподаватель инженерно-строительного отделения инженерного департамента; Марков Данил Леонидович – магистрант; Волкова Владислава Николаевна – кандидат технических наук, доцент инженерно-строительного отделения инженерного департамента, e-mail: volkova.vn@dvfu.ru; Казанцев Илья Максимович – магистрант; Шаланин Виктор Александрович – старший преподаватель инженерно-строительного отделения инженерного департамента, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

разить сточные воды и отходы, но для их применения необходимы или дорогостоящие сооружения, например метантенки, или длительная обработка, например компостирование. Для химического обеззараживания осадка применяют реагенты, изменяющие реакцию среды, вследствие чего сокращается количество патогенных микроорганизмов. Используют реагенты: известь, аммиак, формальдегид, мочевины и овициды [1].

В соответствии с санитарными нормами и правилами РФ на очистных сооружениях хозяйственно-бытовых, производственных, смешанных стоков надлежит проводить дезинвазионные мероприятия в обязательном порядке, вне зависимости от результатов санитарно-паразитологического контроля, а согласно приказу Роспотребнадзора [2], не допускается использование иловых площадок и длительного хранения осадков как самостоятельных методов дезинвазии. Таким образом, выбор метода становится очевидным, так как обеззараживание овицидами требует значительно меньших затрат. Эффективный препарат «Полиаминол» применяется в качестве многофункционального реагента для обеззараживания (дезинфекции), дезинвазии, дегельминтизации и дезодорации хозяйственно-бытовых сточных вод [3], жидких и биогенных осадков.

Включенный в реагент комплекс меди обеспечивает бактерицидные свойства за счет связывания с белками мембран клеток и подавление патогенной микрофлоры и яиц гельминтов. Также под воздействием препарата происходит химическая реакция соединения тяжелых металлов в нетоксические соединения, а за счет снижения преимущественно метанового брожения осадка снижается канализационный запах. Под действием препарата происходит связывание ионов тяжелых металлов в нетоксичные комплексные соединения, среди которых соединения меди, цинка, хрома и никеля активизируют воссоздание нормального биоценоза в продукте.

Технология рекомендована в качестве метода для обработки биогенных осадков и обеспечивает изменение структуры (разделение на твердую и жидкую фазу), обеззараживание и получение сырья для почвогрунта. На вторичное сырье, получаемое из осадков сточных вод, обработанных препаратом «Полиаминол», получено свидетельство Минсельхоза РФ [4] о государственной регистрации агрохимиката как органического удобрения на основе осадков сточных вод. Данный агрохимикат можно использовать при выращивании газонных трав, декоративных деревьев, кустарников для рекультивации земель, полигонов твердых бытовых отходов и др.

При обработке осадков препаратом важное значение имеет равномерное распределение жидкости по площадям хранения осадка.

При проектировании систем орошения рассчитываются распределительные перфорированные трубопроводы. В данной работе рассматриваются линейные дренажно-распределительные системы с точечной подачей на оросители препарата «Полиаминол». Основная гидравлическая особенность таких трубопроводов – наличие потоков с переменной массой (отсоединением водных масс).

В работе [5] представлен аналитический обзор исследований с переменной массой. Показано, что проблема равномерного распределения не решена в настоящее время. При возведении малых оросительных систем

(с малым количеством распределительных оголовков) зачастую пренебрегают детальным гидравлическим расчетом и производят монтаж системы из труб одного диаметра, что приводит к избыточным потерям напора и неравномерному распределению транспортируемой жидкости.

В представленной работе предлагается использовать геометрический метод проектирования распределительной сети, основанный на построении сети Штейнера для группы точек на плоскости. Под построением «дерева» Штейнера на евклидовой плоскости понимается проблема нахождения кратчайшего расстояния, связывающего  $m$  заданных точек плоскости  $M$ . Допускается введение при необходимости новых вершин дерева  $N$ , отличных от основных точек (точки  $N$  носят название «точек Штейнера») [6]. Метод построения сети Штейнера основан на экстремальном принципе наименьшего удлинения, при котором линии, связывающие точки, должны быть кратчайшими [6, 7].

В научно-технической литературе данный метод рассматривался различными авторами как основа для построения трубопроводных сетей перекачки жидкости [8], а также лесотранспортных сетей [9] и автомобильных дорог [10]. Общим недостатком всех представленных работ является отсутствие какой-либо экспериментальной проверки или практического применения представленных авторами алгоритмов и методик расчета. В данной работе осуществлено сравнение результатов гидравлического расчета распределительного трубопровода для линейно расположенной группы одиночных распылителей с последовательным соединении при использовании сети Штейнера. Такие распределительные трубопроводы можно встретить в системах полива, распределения воды в фонтанах, установках автоматического пожаротушения, а также в распределительных системах биофильтров очистки сточных вод.

*Цель исследования* – разработка мероприятий по интенсификации обеззараживания куриного помета за счет внедрения препарата «Полиаминол» и обеспечения его равномерного орошения.

### **Материалы и методы**

Обработка осадка включает в себя такие мероприятия, как уплотнение, стабилизацию органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизацию ценных продуктов, ликвидацию, а также обеззараживание. Осадок сточных вод содержит в себе большое количество гельминтов и патогенных микроорганизмов. В благоприятных условиях яйца гельминтов способны переходить в инвазивную стадию и заражать людей и животных. В таблице 1 приведен анализ классических методов обработки биогенных осадков.

Несмотря на то что термофильное анаэробное сбраживание, компостирование, тепловая обработка, термическая сушка и сжигание способны обеззаразить осадки, но для их применения необходимы или дорогостоящие сооружения, например метантенки, или длительная обработка, например компостирование. Анализируя вышеперечисленные способы для обеззараживания куриного помета, в данном случае, наиболее эффективно использовать реагентный метод обработки.

Таблица 1

**Результаты обработки биогенных осадков различными способами**

Способ обработки биогенных осадков	Результаты обработки осадков		
	Снижение влажности	Стабилизация	Обеззараживание
Гравитационное уплотнение	Да	–	–
Флотация			
Анаэробное сбраживание: – мезофильное – термофильное	–	Да	– Да
Аэробная стабилизация			–
Компостирование			Да
Сушка на иловых площадках	Да	–	–
Вакуум-фильтрация			
Фильтр-прессование			
Центрифугирование			
Тепловая обработка	–	Да	Да
Термическая сушка			
Сжигание			
Реагентная обработка: – негашеная известь – хлорная известь			

Экспериментальные исследования выполнены на натуральных осадках в лабораторных условиях по стандартным методикам определения загрязняющих веществ. Для построения оросительной сети применена свободно распространяемая программа Кристиана Клингенберга (Университет Манчестера) Find Steiner Tree.

**Результаты и обсуждение**

Для химического обеззараживания осадка сточных вод применяют реагенты, изменяющие реакцию среды, вследствие чего сокращается количество патогенных микроорганизмов. Используют следующие реагенты: известь, аммиак, формальдегид, мочевины и овициды. Таким образом, выбор метода становится очевиден, так как обработка овицидами требует значительно меньших затрат. Под описание метода обработки осадка овицидами, фактически подходит эффективный препарат «Полиаминол», применяющийся в качестве многофункционального реагента: дезодорирующего и дезинфицирующего средства для обеззараживания и обезвоживания различных осадков (отходов) животноводческих и птицеводческих комплексов. В отличие от осадков сточных вод, куриные отходы с птичников поступают с подстилкой (используются преимущественно опилки) и свозятся с отдельных птичников на каналные площадки.

В иловой карте в зависимости от глубины (расстояния от поверхности) осадки по составу и влажности распределены неравномерно. У дна карты осадки сточных вод имеют более высокую влажность и представляют собой классическую дисперсную систему – суспензию или шлам (в виде так называемой жижи), при этом на поверхности может образовываться корка в виде слипшихся комьев. На эффективность обработки напрямую влияет дозировка и степень перемешивания [11] препарата с обрабатываемым субстратом или равномерное орошение.

Дозировка препарата определена экспериментальным путем исходя из физико-химического и бактериологического анализа. Расход препарата для обработки осадка птицефабрики составляет 0,32 литра полиаминола на 1 м<sup>3</sup> осадка. В таблицах 2 и 3 представлены результаты обработки осадка препаратом «Полиаминол».

Влажность осадка после обработки уменьшается более чем на 10 % (см. табл. 2). Данное явление свидетельствует об эффективном взаимодействии и связке химических веществ, входящих в состав осадка, с мицеллярными структурами. В результате этого процесса уменьшается приток воды к молекулам, что в свою очередь способствует снижению влажности. Такой эффект может иметь важное значение для дальнейших технологических операций, например, при сушке или переработке осадков, так как он позволяет повысить их стабилизированность и снизить энергетические затраты на удаление влаги, содержание сухого вещества незначительно уменьшилось, когда органики в сухом веществе стало больше на 7 %, водородный показатель почти не изменился, содержание азота увеличилось в 2 раза, фосфора практически не изменилось.

Результаты (см. табл. 3) подтверждают эффективность выбранных методов обработки осадка с точки зрения поддержания его санитарных характеристик. Стабильность показателей позволяет рекомендовать использование данного метода в практической деятельности без риска ухудшения санитарно-эпидемиологической ситуации.

Таблица 2

**Результаты обработки куриного помета препаратом «Полиаминол»**

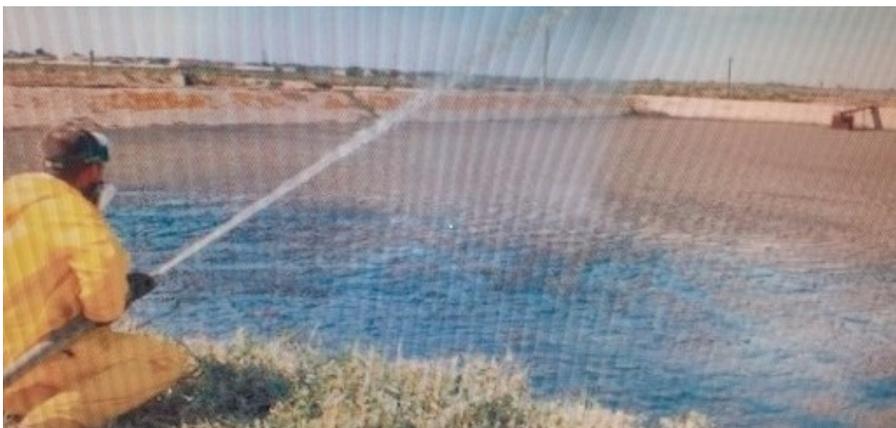
Показатель	До переработки	После переработки
Содержание влаги (воды), %	82	69,8
Содержание сухого вещества, %	41,2	37,7
Содержание органики в сухом веществе (потеря при прокаливании $t^0 = 550^{\circ}\text{C}$ ), %	59,8	52,8
Реакция среды водная (осадок : вода = 1,0 : 2,5), ед. рН	6,9	7,2
Валовое содержание азота (N) в сухом веществе, %	3,1	6,2
Валовое содержание фосфора (P <sub>2</sub> O) в сухом веществе, %	5,6	5,3

**Санитарно-биологические показатели обработанного осадка**

Наименование показателя	Значение		Метод
	до переработки	после переработки	
Бактерии группы кишечной палочки, индекс, клеток/г	<1		МУ по санитарно-микробиологическому исследованию почвы № 2293-81
Патогенные микроорганизмы, клеток/г	Не обнаружены		
Жизнеспособные яйца гельминтов и цисты простейших, экз./100 г			
Наличие жизнеспособных личинок и куколок синантропных мух, экз. с площади 20×20 см	Не обнаружены		МУК 4.2.2661-10
			МУ 2.1.7.2657-10

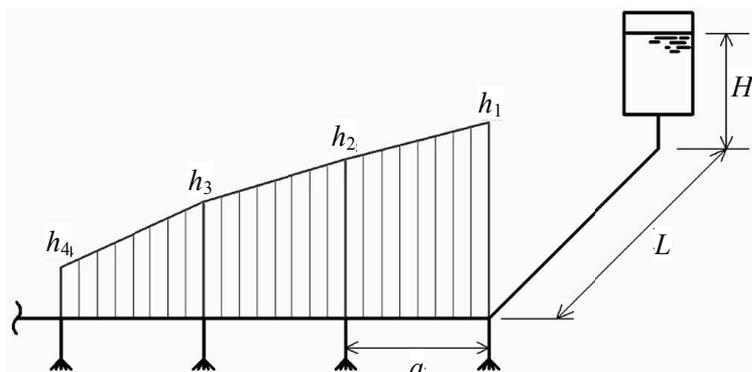
Кроме того, отсутствие существенных изменений в параметрах осадка после обработки способствует снижению затрат и повышению экологической безопасности при организации процессов утилизации или повторного использования осадка. В дальнейшем рекомендуется провести дополнительные исследования для подтверждения длительной стабильности показателей и оценки возможных влияний при расширении масштабов обработки.

Компания ООО «НПО «Квантовые технологии» предлагает вводить препарат путем подачи высоконапорной струи (рис. 1). При этом присутствует человеческий фактор, что не гарантирует равномерное распределение и экономичное расходование препарата.



**Рис. 1. Орошение иловых площадок препаратом «Полиаминол»**

*Источник: презентация компании ООО «НПО «Квантовые технологии», [www.npo-gt.ru](http://www.npo-gt.ru)*



**Рис. 2. Линейная схема распределительной оросительной сети:**

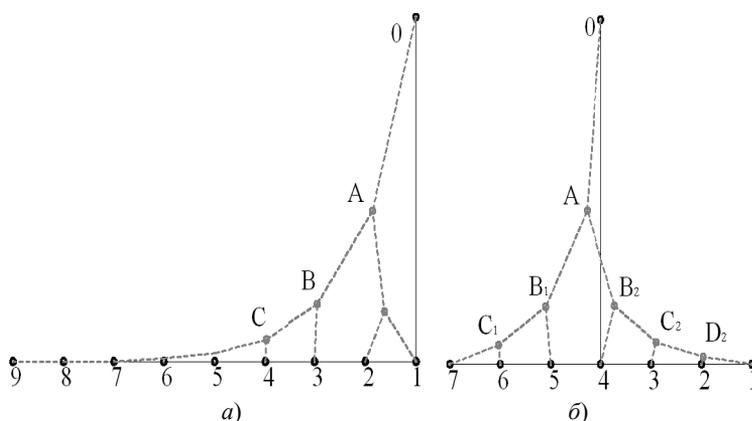
$H$  – высота столба воды в напорном баке;  $L$  – длина подводящего трубопровода;  
 $a$  – расстояние между оросителями;  $h_i$  – пьезометрический напор в патрубке оросителя

В нашем случае для обработки помета, складываемого в накопителях канальной конфигурации, эффективнее использовать оросители. В качестве схемы введения реагента выбран линейный распределительный трубопровод с подачей воды из напорного бака. Расстояние между патрубками оросителей принято равным. Схема системы представлена на рис. 2.

При построении сети Штейнера для системы орошения использована свободно распространяемая программа Кристиана Клингенберга (Университет Манчестера) Find Steiner Tree, основанная на программном коде Уоррена Смита (рис. 3). В результате расчета получены схемы распределительных трубопроводов при различных значениях  $L/a$  в диапазоне 1,0...5,5.

Гидравлический расчет проводился в свободно распространяемой программе EPANET при следующих допущениях:

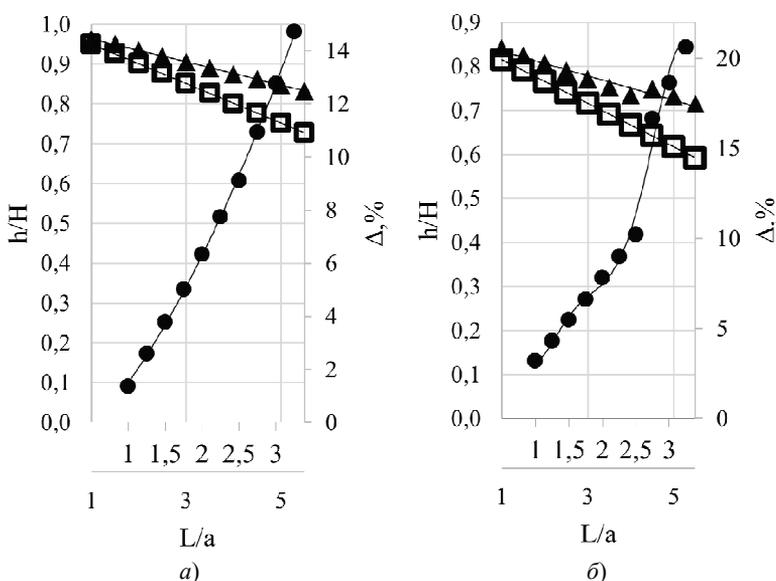
– в каждом из оросителей задается постоянный расход, не зависящий от напора у насадки,  $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = \text{const}$  (подразумевается применение регуляторов расхода);



**Рис. 3. Линейная схема распределительной сети с последовательным подключением и при использовании сети Штейнера:**

0 – начальная точка сети (место подключения напорного резервуара);

1 – 9 – патрубки оросителей; A, B, C и  $A_i, B_i, C_i, D_i$  – точки Штейнера, представляющие собой дополнительные узловые точки



**Рис. 4. Сравнение величины безразмерного пьезометрического напора для начального (а) и конечного (б) оросителей:**  
 ▲ –  $h/H$  для сети Штейнера; □ –  $h/H$  для последовательного соединения;  
 ● – процентное расхождение

– местными потерями напора можно пренебречь (трубопровод достаточно длинный);

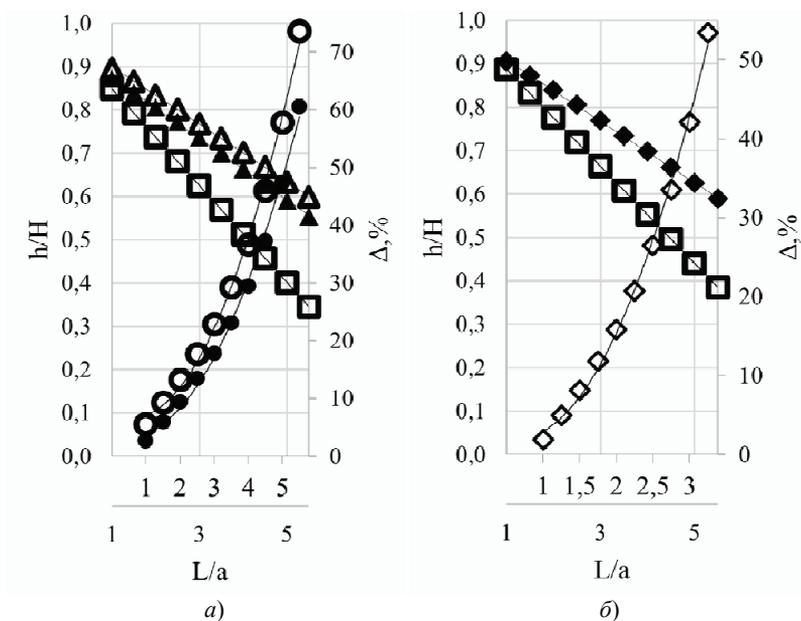
– коэффициент гидравлического трения постоянен,  $\lambda = \text{const}$  (поток находится в квадратичной области сопротивлений на всех участках трубопровода).

В результате гидравлического расчета получены значения пьезометрического напора в различных точках сети, что позволило оценить эффективность работы распределительной сети. Данные расчетов показывают, что метод геометрического проектирования сети по методу Штейнера дает результаты лучше, чем при последовательном соединении трубопроводов для обеих расчетных схем. Результаты сравнения пьезометрического напора для различных схем представлены на рис. 4 и 5.

Полученные расчетные данные показывают, что при принятых допущениях схема с использованием дерева Штейнера имеет большую эффективность, чем последовательное подключение распылителей. При этом разница в величине потерь напора  $h/H$  увеличивается с увеличением отношения  $L/a$ . Данный факт позволяет уменьшить высоту размещения напорного резервуара или применять насосное оборудование с меньшим рабочим давлением.

### Заключение

Представлен анализ методов обеззараживания биогенных осадков. Проведены исследования и разработаны мероприятия по обработке препаратом «Полиаминол» отходов, образующихся на птицефабриках.



**Рис. 5. Сравнение величины безразмерного пьезометрического напора для крайних (а) и центрального (б) оросителей,**

**$\Delta - h/H$  для сети Штейнера (левая ветвь):**

$\blacktriangle - h/H$  для сети Штейнера (правая ветвь);  $\blacklozenge - h/H$  для сети Штейнера (центральный ороситель);  $\square - h/H$  для последовательного соединения;  $\circ -$  процентное расхождение (левая ветвь);  $\bullet -$  процентное расхождение (правая ветвь);  $\Delta -$  процентное расхождение (центральный ороситель)

Выявлена экспериментальным путем дозировка препарата исходя из физико-химических и бактериологических исходных показателей осадка. Определены характеристики обработанного куриного помета. Для обеспечения равномерного распределения дезинфицирующей жидкости по поверхности выбран способ – орошение площадей хранения. Выполнены расчеты параметров перфорированного трубопровода методом, основанным на принципе определения минимальной длины для задачи соединения группы точек на плоскости кратчайшим путем.

#### Список литературы

1. Сафиуллин, Р. Т. Овоцидные свойства разных образцов и концентраций дезинфицирующего средства Полиаминол в опыте *in vitro* против яиц *Toxocara cati* / Р. Т. Сафиуллин, Е. О. Качанова, Е. С. Беломытцева // Российский паразитологический журнал. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 117 – 123.
2. О совершенствовании эпидемиологического надзора за паразитозами в Российской Федерации : приказ № 629 от 09.08.2019 Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/561372469> (дата обращения: 14.05.2025).
3. Исследования влияния препарата «Полиаминол» на видовой состав активного ила / В. Н. Волкова, Н. А. Дудник, И. М. Казанцев, С. Б. Кунденюк // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2024. – № 4(61). – С. 105 – 114.

4. Свидетельство о государственной регистрации агрохимиката «Органическое удобрение на основе осадков сточных вод ЭПА» № 727-20-3341-1 от 21.10.2021. – М. : Минсельхоз РФ, 2021. – 1 с.
5. Земляная, Н. В. Параметризация процесса распределения воды в перфорированных трубопроводах / Н. В. Земляная, А. В. Гулякин // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2018. – № 2(35). – С. 77 – 85.
6. Куспеков, К. А. Алгоритм построения кратчайшей сети сбора и транспорта нефти / К. А. Куспеков // Вестник КузГТУ. – 2011. – № 4. – С. 35 – 38.
7. Протасов, В. Ю. Максимумы и минимумы в геометрии / В. Ю. Протасов. – М. : Изд-во Московского центра непрерывного математического образования, 2005. – 56 с.
8. Багов, М. А. Задачи проектирования трубопроводной сети Штейнера / М. А. Багов // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2016. – № 4-1(16). – С. 78 – 82.
9. Борисов, Г. А. Об оптимизации параметров лесотранспортных сетей в современных условиях / Г. А. Борисов, В. Д. Кукин // Известия вузов. Лесной журнал. – 2009. – № 1. – С. 60 – 66.
10. Волков, В. Я. Алгоритм построения кратчайшей сети автомобильных дорог / В. Я. Волков, К. А. Куспеков // Вестник КузГТУ. – 2011. – № 4. – С. 64 – 74.
11. Разработка эффективных методов перемешивания при реагентной обработке суспензии сточных вод / А. Н. Григорьева, Р. Ш. Абиев, Ф. И. Лобанов, О. Ю. Тарарыков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – № 10. – С. 48 – 54.

#### References

1. Safiullin R.T., Kachanova Ye.O., Belomytseva Ye.S. [Ovicidal properties of different samples and concentrations of disinfectant Poliaminol in vitro against eggs of *Toxocaracati*], *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Parasitology], 2020, vol. 14, no. 4, pp. 117-123. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/561372469> (accessed 14 May 2025).
3. Volkova V.N., Dudnik N.A., Kazantsev I.A., Kundenok S.B. [Studies of the effect of the drug "Polyaminol" on the species composition of activated sludge], *Vestnik inzhenernoy shkoly DVFU* [Bulletin of the FEFU Engineering School], 2024, no. 4(61), pp. 105-114. (In Russ., abstract in Eng.)
4. [Certificate of State Registration of Agrochemical "Organic Fertilizer Based on Wastewater Sludge EPA" No. 727-20-3341-1 of 21 October 2021], Moscow: Minselkh RF, 2021, 1 p. (In Russ.)
5. Zemlyanaya N.V., Gulyakin A.V. [Parameterization of water distribution process in perforated pipelines], *Vestnik inzhenernoy shkoly DVFU* [Bulletin of the FEFU Engineering School], 2018, no. 2(35), pp. 77-85. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Kuspekov K.A. [Algorithm for constructing the shortest network for oil collection and transportation], *Vestnik KuzGTU* [Bulletin of KuzSTU], 2011, no. 4, pp. 35-38. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Protasov V.Yu. *Maksimumy i minimumy v geometrii* [Maximums and minimums in geometry], Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo tsentra nepreryvnogo matematicheskogo obrazovaniya, 2005, 56 p. (In Russ.)
8. Bagov M.A. [Problems of designing Steiner pipeline network], *Vestnik KRAUNTS. Fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of KRAUNC. Physical and mathematical sciences], 2016, no. 4-1(16), pp. 78-82. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Borisov G.A., Kukin V.D. [On optimization of parameters of forest transport networks in modern conditions], *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News of universities. Forestry magazine], 2009, no. 1, pp. 60-66. (In Russ., abstract in Eng.)

10. Volkov V.Ya., Kuspekov K.A. [Algorithm for constructing the shortest network of roads], *Vestnik KuzGTU* [Bulletin of KuzSTU], 2011, no. 4, pp. 64-74. (In Russ., abstract in Eng.)

11. Grigoryeva A.N., Abiev R.Sh., Lobanov F.I., Tararykov O.Yu. [Development of effective mixing methods for reagent treatment of wastewater suspensions], *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika* [Water supply and sanitary engineering], 2021, no. 10, pp. 48-54. (In Russ., abstract in Eng.)

---

### **Intensifying the Method of Disinfection of Chicken Manure Storage Cards Sludge with Polyaminol Preparation**

**S. B. Kundenok, D. L. Markov, V. N. Volkova,  
I. M. Kazantsev, V. A. Shalanin**

*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

**Keywords:** chicken manure; Steiner method; disinfection; Polyaminol preparation; calculation of the irrigation network.

**Abstract:** The analysis of methods of disinfection of biogenic sediments was carried out. The research was conducted and measures were developed to intensify the disinfection of waste generated at poultry farms. The dosage of the preparation was determined experimentally based on the physicochemical and bacteriological initial indicators of the sediment. The characteristics of the treated chicken manure were determined. To ensure uniform distribution of the disinfectant liquid over the sediment surface, the method chosen is irrigation of storage areas. The task set is solved by calculating the parameters of a perforated pipeline using a method based on the principle of determining the minimum length for the task of connecting a group of points on a plane by the shortest path.

---

© С. Б. Кунденок, Д. Л. Марков, В. Н. Волкова,  
И. М. Казанцев, В. А. Шаланин, 2025

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНДУСТРИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Л. Г. Лунькова, А. Н. Гульков

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
Владивосток, Россия*

**Ключевые слова:** газомоторное топливо; ожижение газов; регазификация; сжиженный природный газ; КриоАЗС.

**Аннотация:** Приведено описание текущего состояния мирового и российского рынков сжиженного природного газа мало-, средне- и крупнотоннажных сегментов, трендов развития отрасли, существующих технологий и направлений использования продукта по различным направлениям: в качестве газомоторного топлива, для бункеровки судов, автономной газификации удаленных населенных пунктов и промышленных предприятий, не имеющих доступа к трубопроводному газу.

### Введение

Сжиженный природный газ (СПГ) играет важную роль в современном мире, особенно в контексте энергетической безопасности, экологии и глобальной экономики. Так, развитие инфраструктуры для хранения и транспортировки СПГ (терминалы для сжижения и регазификации) способствует созданию новых рабочих мест и экономическому росту в регионах, где они расположены. Кроме того, СПГ считается более экологически чистым топливом, что делает его привлекательным вариантом для стран, стремящихся сократить выбросы парниковых газов и перейти к более устойчивым источникам энергии. Сжиженный природный газ предоставляет странам возможность диверсифицировать источники энергии и снизить зависимость от трубопроводного газа, что особенно важно для стран, которые не имеют доступа к месторождениям природного газа или находятся в регионах с нестабильной политической ситуацией. Этот далеко неполный перечень преимуществ СПГ как раз и обуславливает текущее развитие криогенной отрасли, а также задает тренды экологичного, энергетически эффективного и технологичного использования данного продукта во многих сферах энергетики.

---

Лунькова Лилия Геннадьевна – аспирант департамента энергетических систем, e-mail: lunikova.lg@dvfu.ru; Гульков Александр Нефедович – доктор технических наук, профессор департамента нефтегазового дела и нефтехимии, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

## Производственные мощности

По состоянию на начало 2025 года в России работают 26 малотоннажных заводов по производству СПГ, общей мощностью 387 тыс. тонн. В 2024 году состоялся ввод в эксплуатацию малотоннажных производств СПГ в Волгоградской области (ООО «Газпром гелий сервис»), Тюменской (ООО «Газпром СПГ технологии»), Свердловской (ООО «Аметист»), в городах Кашире и Тольятти (ООО «НОВАТЭК-СПГ топливо»), Приморском крае (ООО «Аврора СПГ»). В стадии строительства находятся 26 СПГ-заводов, и их общая мощность оценивается в 754 тыс. т.

В 2025 году ожидается ввод в эксплуатацию комплексов сжижения природного газа (КСПГ) в Республике «Татарстан» (ООО «ТопГаз»), Свердловской области (ООО «АГРО-АКТИВ»), ЯНАО (ООО «Газпром СПГ технологии») и др. В Сахалинской области (ООО ПСК «Сахалин») и Приморском крае (ООО «Аврора СПГ») планируется расширение действующих КСПГ.

Общее заявленное количество СПГ-проектов, установленная мощность которых 2 836 тыс. т в год, оценивается на уровне 56 [1].

Согласно «Плану мероприятий по развитию рынка малотоннажного сжиженного природного газа и газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2025 года» (от 13.02.2021 № 350-р) целевой показатель совокупной мощности СПГ-заводов – 83 т/ч или почти 700 тыс. т в год. Действующие и перспективные КСПГ, планируемые к вводу в 2025 году, не соответствуют планируемым показателям и составят менее 500 тыс. т СПГ. Это связано с тем, что сложившаяся рыночная обстановка и неблагоприятная денежно-кредитная политика в стране привели к переносу сроков реализации значительной части проектов по строительству производственной СПГ-инфраструктуры в России. Кроме того, в 2024 году впервые попали под ограничения (включены в новый санкционный список США SDN OFAC) российские малотоннажные проекты: ООО «СПГ Якутия» (КСПГ «Нижний Бестях») и ООО «НОВАТЭК-СПГ топливо Кашира» (КСПГ «НОВАТЭК – Кашира») [2], что однозначно сподвигло компании на переоценку рисков в рамках предпроектной проработки инвестиционных СПГ-проектов.

Среднетоннажные новости РФ – завершение модернизации «Газпром СПГ Портовая» с ростом установленной мощности на 6 %. В среднетоннажном сегменте действует три завода общей мощностью 3,44 млн т в год, четыре проекта заявлены к реализации в 2027 – 2029 гг. общей мощностью до 6,5 млн т СПГ в год. К 2026 году планируется ввод двух линий «Арктик СПГ 2». К 2030 году будут построены и введены в эксплуатацию первая и вторая линии «РусХимАльянс», а также третья линия «Арктик СПГ 2». На период реализации до 2035 года заявлено строительство следующих объектов: первая – третья линии «Мурманский СПГ», «Обский ГХК», «Дальневосточный СПГ», «Якутский СПГ». Три крупнотоннажных завода по производству СПГ действуют в настоящее время в России (один на о. Сахалин, и два в ЯНАО): «Сахалин-2» (2 линии по 5,5 млн т СПГ в год), «Арктик СПГ 2» (6,6 млн т/год), «Ямал СПГ» (3 линии по 6,5 млн т/год). Общая мощность действующих производств составляет 37,1 млн т СПГ в год.

Таблица 1

**Инфраструктура мировой отрасли СПГ**

Параметр	Производство СПГ, млн т в год	Газовозы, млн т СПГ грузоподъемности	Регазификация СПГ, млн т в год
По состоянию на декабрь 2024 года	475	53,5	972
Ввод в 2025 году	41,2	5,4	84,6
Прирост в 2025 году, в % от текущих мощностей	8,7	10,1	8,7

Еще четыре крупнотоннажных проекта находятся в стадии реализации (вторая и третья линии «Арктик СПГ 2», «Комплекс по переработке этансодержащего газа и производству СПГ» в Усть-Луге, «Мурманский СПГ» и «Обский СПГ»). Совокупная мощность реализуемых объектов составляет 51,7 млн т СПГ в год. На период реализации до 2030 года заявлено строительство еще двух крупнотоннажных заводов в Хабаровском крае (ООО «Сахалин-1» и ПАО «ЯТЭК») суммарной мощностью 16 млн т в год [1].

Инфраструктура мировой отрасли СПГ по состоянию на декабрь 2024 года представлена в табл. 1.

**Применение СПГ. Мировой рынок**

Начиная с 1990-х годов активно развиваются различные проекты использования СПГ в качестве моторного топлива на водном, железнодорожном и автомобильном транспорте – до этого основной формой метанового топлива для транспорта привычным был компримированный (сжатый) природный газ (КПГ).

Среди колесных транспортных средств популярностью пользуются автобусы, магистральная (тягачи), карьерная (самосвалы) и сельскохозяйственная техника (тракторы).

На судах СПГ, как основной вид топлива, используется как на грузовых, так и на пассажирских перевозках:

– официально первым грузовым судном стал контейнеровоз *Isla Bella* (спуск на воду 18 апреля 2015 года);

– первым пассажирским круизным лайнером на СПГ стал *AIDAnova* (спущен на воду 21 августа 2018 года).

В России выпускается тепловоз ТЭМ19, работающий на СПГ. По результатам успешной эксплуатации планируют до 2030 года внедрить еще шесть тепловозов-аналогов, использующих СПГ в качестве топлива на железнодорожном транспорте.

В настоящее время дочерними структурами «Роскосмоса» разрабатываются ракетные двигатели, использующие в качестве топлива «СПГ + жидкий кислород».

Таблица 2

**Ключевые показатели развития мирового рынка СПГ**

Показатель	1995	2000	2005	2010	2019	2023	2024
Количество технологических линий	44	56	68	94	120	127	156
Мощность заводов СПГ, млн т	89	122	171	270	427	467	508
Количество терминалов по регазификации СПГ	31	40	51	83	153	194	230
Мощность терминалов по регазификации СПГ, млн тонн	280	334	380	600	920	1143	1184
Количество танкеров	66	104	167	360	601	772	800+
Объем торговли СПГ, млн т	74	92	130	220	355	404	425
Доля СПГ в международной торговле газом, %	20,5	26,0	26,2	30,5	49,3	58,6	59,4

Практически за 30 лет рынок СПГ вырос в 5,5 раз. Сегодня он обеспечивает почти 60 % торговли газом. Ключевые показатели развития мирового рынка СПГ представлены в табл. 2 [3]. Поставки СПГ становятся важным инструментом в международной политике. Например, в свете геополитических конфликтов, многие страны пересматривают свои энергетические стратегии в пользу увеличения импорта СПГ.

**Технологические инновации в сфере СПГ**

Современные технологии сжижения и регазификации стали более эффективными, что снизило себестоимость производства и транспортировки газа. Все существующие технологии принципиально основаны на цикле Клода, Линде или Капицы. На сегодняшний день их уже бесчисленное множество модификаций.

В малотоннажном производстве популярностью пользуется дроссельно-эжекторный цикл высокого давления с предварительным охлаждением фреоном, детандерные циклы высокого, среднего и низкого давления, а также одноконтурный цикл сжижения природного газа смесевым хладагентом.

В средне- и крупнотоннажном производстве используют каскадные схемы сжижения природного газа от двух до пяти контуров со смесевым или однокомпонентным хладагентом. Среди распространенных технологий – СЗMR (цикл смешанного хладагента с предварительным охлаждением пропаном), DMR (технология двойного смешанного хладагента), арк-

тический каскад (с выделением этана и его использованием в качестве хладагента), цикл Брайтона и многие другие, принципиально схожие технологии.

Однако сегодня разрабатывают новую, «прорывную» технологию – технологию магнитного охлаждения. Разработка сверхпроводящих магнитов прогрессирует последние годы: охлаждение магнитным полем до 22 Тл может стать причиной революции в области технологий сжижения природного и других газов.

Ученые из Национальной лаборатории сильных магнитных полей в Таллахасси (штат Флорида) создали в 2019 году самое сильное в мире непрерывное магнитное поле – 45,5 Тл. Раньше также могли достичь таких параметров, но удержать их более 1 мс не удавалось. В настоящее время магниты с меньшим магнитным полем, порядка 20 Тл, установлены повсеместно. Как раз такие магниты планируют использовать для глубокого охлаждения в индустрии СПГ. Созданием технологии магнитного охлаждения занимаются в лаборатории ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» [4].

Кроме того, санкционные ограничения скорректировали политику компаний-операторов средне- и крупнотоннажных проектов мыслить в парадигме доступных зарубежных технологий и способствовали выработке нестандартных решений, а также импортозамещению многих узлов основного технологического оборудования.

Перечень потенциальных лицензиаров и поставщиков оборудования пополняется отечественными компаниями, а патентная база российских компаний пополнилась крупнотоннажной технологией «Арктический микс» и среднетоннажной – «Энергия Восхода».

### **Будущие тренды**

Ожидается, что доля СПГ в мировом энергобалансе будет расти. Инвестиции в инфраструктуру, такие как терминалы для регазификации и дополнительные проекты по сжижению, продолжают увеличиваться [5].

Прогнозируется, что в результате ввода новых активов мировые мощности СПГ к 2035 году вырастут на 398 млн т от текущего уровня производства [6].

Активный рост спроса на СПГ в России связан с возрастающей потребностью предприятий в снижении вредных выбросов при сжигании топлива для выработки энергии, а также их заинтересованностью в использовании экологически чистого топлива с высокими показателями энергетической эффективности.

### **Заключение**

Сжиженный природный газ занимает важное место в глобальной энергетической системе, способствуя как экономическому развитию, так и экологической устойчивости.

Развитие и создание новых технологий в сфере производства и рационального использования СПГ – необходимый элемент для создания и развития благоприятной, экологичной среды в энергетике в целом. Производство и использование СПГ стимулируют развитие новых технологий в области добычи, транспортировки и хранения газа, что может привести к повышению энергетической эффективности процессов, сокращению операционных издержек предприятий топливно-энергетического комплекса.

Важным инструментом для поддержания устойчивого развития СПГ-бизнеса является государственная поддержка (региональные программы развития отрасли, субсидирование). Пролонгация действующих и внедрение новых правительственных программ станет дополнительным стимулом к расширению производственных мощностей для компаний, реализующих и планирующих к реализации СПГ-проектов.

#### *Список литературы*

1. Справочные материалы. Карта российской СПГ отрасли 2025. Экономическая лаборатория Александра Климентьева. – Текст : электрон. – URL : <https://ak-lab.rf/lngmap> (дата обращения: 13.04.2025).
2. U.S. Department of the Treasury. As Russia Completes Transition to a Full War Economy, Treasury Takes Sweeping Aim at Foundational Financial Infrastructure and Access to Third Country Support. – URL : <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy2404> (дата обращения: 10.04.2025).
3. Кондратов, Д. И. Будущее мирового рынка природного газа / Д. И. Кондратов // Российский внешнеэкономический вестник. – 2022. – № 1. – С. 66 – 82.
4. Лунькова, Л. Г. Технология магнитного охлаждения – технология будущего / Л. Г. Лунькова, Г. С. Мельников, А. Н. Гульков // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сб. науч. ст. по итогам Второй Междунар. науч. конф., Казань, 28–29 февраля 2020 г. – 2020. – Часть 1. – С. 124 – 126.
5. Федорова, В. А. Индустрия СПГ: ключевые тенденции развития / В. А. Федорова // Сжиженный природный газ: проблемы и перспективы : тезисы докл. I Всерос. науч.-практ. конф., Москва, 30 ноября – 01 декабря 2021 г. – 2021. – С. 108 – 109.
6. Shell LNG Outlook 2024 – 2024. – 36 P. – URL: <https://www.shell.com/what-we-do/oil-and-natural-gas/liquefied-natural-gas-lng/lng-outlook-2024.html> (дата обращения: 23.12.2024).

#### *References*

1. Available at: <https://ak-lab.rf/lngmap> (accessed 13 April 2025).
2. Available at: <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy2404> (accessed 10 April 2025).
3. Kondratov D.I. [The future of the global natural gas market], *Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik* [Russian Foreign Economic Bulletin], 2022, no. 1, pp. 66-82. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Lun'kova L.G., Mel'nikov G.S., Gul'kov A.N. *Prioritetnyye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti* [Priority Areas of Innovative Activity in Industry: Coll. of Scientific Articles Based on the Results of the Second International Scientific Conf., Kazan, February 28–29, 2020], 2020, part 1, pp. 124-126. (In Russ.)
5. Fedorova V.A. *Szhizhennyy prirodnyy gaz: problemy i perspektivy* [Liquefied Natural Gas: Problems and Prospects: Abstracts of the Report of the I All-Russian

Scientific and Practical Conf., Moscow, November 30 – December 1, 2021], 2021, pp. 108-109. (In Russ.)

6. Available at: <https://www.shell.com/what-we-do/oil-and-natural-gas/liquefied-natural-gas-lng/lng-outlook-2024.html> (accessed 23 December 2024).

---

## **Current State of the Liquefied Natural Gas Industry**

**L. G. Lunkova, A. N. Gulkov**

*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

**Keywords:** gas motor fuel; gas liquefaction; regasification; liquefied natural gas; Cryogas stations.

**Abstract:** The article describes the current state of the global and Russian liquefied natural gas markets of small, medium and large-tonnage segments, industry development trends, existing technologies and areas of product use in various areas: as a gas motor fuel, for bunkering ships, autonomous gasification of remote settlements and industrial enterprises that do not have access to pipeline gas.

---

© Л. Г. Лунькова, А. Н. Гульков, 2025

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРЕЙ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА ПРОДУКТАМИ ИЗНОСА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

**Е. А. Мазлова, А. В. Лобанов,  
Я. Ю. Блиновская, А. П. Педченко**

*ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина», Москва, Россия;  
ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
Владивосток, Россия;  
ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия*

**Ключевые слова:** автомобильные шины; загрязнение; микропластик; нефтехимические отходы; окружающая среда; отходы; предотвращение загрязнения; продукты разложения шин; Северный Ледовитый океан; частицы износа шин и дорог.

**Аннотация:** Рассмотрены результаты исследования количественного и физико-химического состава и частиц износа шин и дорог (ЧИШД), выявленных в составе общего микроразмерного загрязнения вод российской Арктики. Попадая в окружающую среду, ЧИШД поглощаются морскими организмами, что приводит к нарушению процессов их жизнедеятельности. Несмотря на существующее мнение о пагубном влиянии ЧИШД на окружающую среду, их концентрация, физико-химические особенности и биологические эффекты не до конца изучены. Исследования показали, что концентрация ЧИШД в окраинных морях Северного Ледовитого океана (СЛО) составляла  $0,25 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ . Установлено, что Печорское море характеризовалось наибольшей концентрацией ЧИШД ( $20,76 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ ), а Баренцево и море Лаптевых – наименьшими концентрациями  $0,68$  и  $0,39 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$  соответственно. Выявлено, что в море Лаптевых ЧИШД встречались на наименьшем расстоянии от

---

Мазлова Елена Алексеевна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной экологии; Лобанов Алексей Валерьевич – аспирант кафедры промышленной экологии, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина», Москва, Россия; Блиновская Яна Юрьевна – доктор технических наук, доцент, профессор департамента природно-технических систем и техносферной безопасности, e-mail: blinovskaia.iainu@dvfu.ru; ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия; Андрей Петрович Педченко – кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела пресноводных рыб, ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия.

берега и имели наибольшую массу. Частицы износа шин и дорог из Чукотского моря встречались на наибольшем расстоянии от берега и имели наименьшую массу; из Баренцева – в своем составе имели нетоксичные парафины и пластификаторы; из Чукотского – состояли из токсичного стеарата кальция, а ЧИШД из Восточно-Сибирского моря – из токсичного полиуретанового лака. Установлено, что концентрация и свойства ЧИШД отличаются между окраинными морями СЛО, что диктует необходимость дальнейшего изучения их природы, стратегии миграции и оценки эффекта воздействия на окружающую среду.

### Введение

Частицы износа шин и дорог (ЧИШД) – это частицы, образующиеся в процессе трения автомобильных шин (АШ) о поверхность дороги во время движения [1]. Из-за высокой встречаемости полимеров в составе ЧИШД, их относят к вторичному микропластику (МП) [1]. Однако помимо полимеров ЧИШД включают в себя примеси частиц износа дороги и тормозов, бензина, автомобильных масел и других соединений [1]. Следовательно, ЧИШД обладают уникальными физико-химическими свойствами и являются самостоятельными источниками загрязнения, что диктует необходимость изучения их концентрации в педосфере, атмосфере и гидросфере. Мы предполагаем, что ввиду высокой представленности полимеров в составе ЧИШД, изучение распределения и концентрации ЧИШД возможно в образцах МП. В свою очередь, микропластик, попадающий в почву, воздух, поверхностные или грунтовые воды всегда стремится в воды мирового океана, поэтому его изучение (в том числе ЧИШД) наиболее перспективно в гидросфере [1, 2].

В течение последнего десятилетия активно накапливаются данные о концентрации МП в водах мирового океана [3]. До 55 % всех опубликованных исследований проведены в Азии, что объясняется наиболее неблагоприятной экологической обстановкой в этом регионе [4]. Напротив, менее изученной областью является Арктический регион, несмотря на имеющуюся тенденцию к таянию ледников и возможное смешение вод Северного Ледовитого океана (СЛО) с водами мирового океана [3]. Тем не менее результаты единичных исследований демонстрируют наличие МП в акватории морей СЛО. Так, было показано, что концентрация МП в Баренцевом море составляет  $0,007...0,015$  шт./м<sup>-3</sup> [5]. Эти данные сопоставимы с ранее опубликованными результатами, полученными из акватории от юго-западной части Баренцева моря до Восточно-Сибирского моря [6]. Таким образом, даже самые изолированные арктические регионы не защищены от загрязнения МП и, вероятно, ЧИШД.

Изучение концентрации ЧИШД в водах СЛО позволит акцентировать внимание экспертов по всему миру на проблеме загрязнения мирового океана ЧИШД и инициировать разработку новых инновационных методов контроля, выявления и переработки МП, в частности, ЧИШД.

*Цель исследования* – изучение концентрации и физико-химических особенностей ЧИШД в арктических водах.

## Материалы и методы исследования

В период с 2019 по 2022 гг. было исследовано 136 проб МП на наличие в их составе ЧИШД. В область изучения вошли образцы, полученные в акватории окраинных морей СЛО: в Баренцевом море (63 станции), Печорском (11 станций), Карском (19 станций), море Лаптевых (7 станций), Восточно-Сибирском (16 станций) и Чукотском (20 станций). Распределение станций забора исследуемого материала в окраинных морях СЛО представлено на рис. 1.

Выбор акватории объяснялся тем, что окраинные моря СЛО являются критически важными компонентами арктической экосистемы и играют значительную роль в глобальной климатической динамике. Ключевые характеристики окраинных морей СЛО представлены в табл. 1.

Отбор проб МП проводился на поверхности арктических вод. Траления выполняли по ходу движения судна на скорости 2,0 – 3,5 узлов, нейстонной сетью Манта с ячейей 335 мкм, оснащенной калиброванным счетчиком General Oceanic's. В ходе наблюдений в 2019 – 2022 гг. собрано 136 проб МП. Для идентификации МП из полученных образцов использован ИК-Фурье спектрометр IRTracer-100 (Shimadzu, Япония) с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Quest ATR diamond accessory GS10801-B (Specac Ltd, Орпингтон, Великобритания) и микроскоп Imager.Z1 с системой освещения НВО-100 (Carl Zeiss, Германия). Полученные образцы исследовали под микроскопом при облучении ультрафиолетом в целях установления их природы. Найденные люминесцентные частицы переносили на алмазную линзу спектрофотометра и прижимали к ней встроенным прессом с массой 40 фунтов (18 кг), после

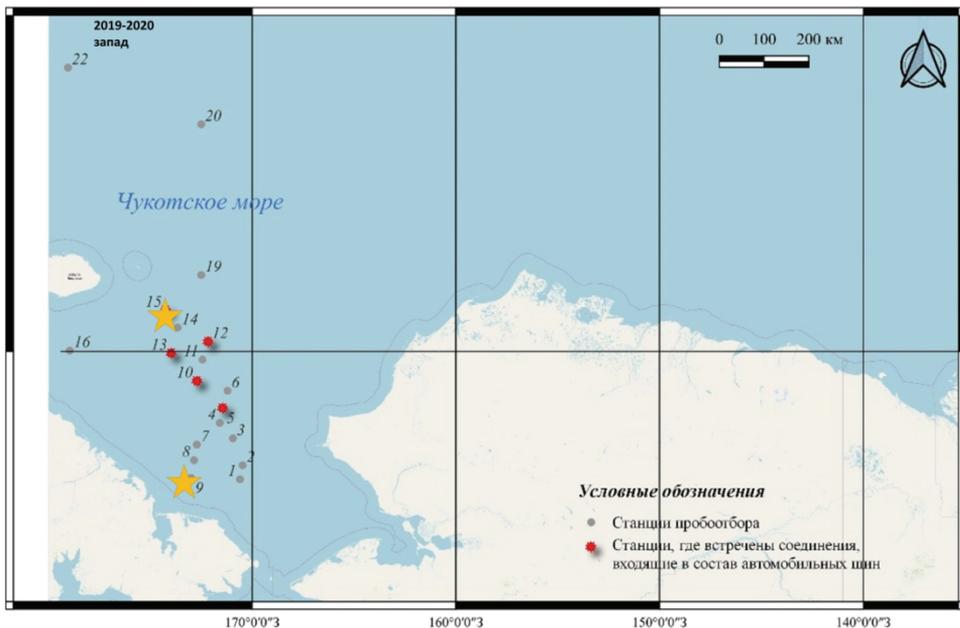


Рис. 1. Распределение станций забора исследуемого материала в окраинных морях СЛО

Таблица 1

## Ключевые характеристики окраинных морей СЛО [7]

Характеристика	Море					
	Баренцево	Печорское	Карское	Лаптевых	Восточно-Сибирское	Чукотское
Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	1424	81,3	883	662	913	595
Объем, тыс. км <sup>3</sup>	316	4,3	98	353	49	42
Рельеф дна	Большая часть моря имеет глубину 300...400 м, средняя глубина 222 м	Море мелководное (средняя глубина 6 м)	Полностью лежит на шельфе глубиной до 100 м	53 % моря мелководье. В северной части – глубина более 1 км	Море мелководное, 72 % площади дна имеет глубину до 50 м	85 % площади – глубина до 200 м. Наибольшая глубина – 1256 м
Речной сток	Невелик (река Печора)	Существенный: впадает река Печора	Наибольший по сравнению с другими морями: Обь, Енисей, Пур и др.	Значимое влияние речного стока (реки Лена, Яна)	Невелик (реки Колыма и Индигирка)	Невелик (реки Амгуэма, Ноатак, Кобук)
Водообмен	Водообмен высокий, за счет вод Нордкапского течения	Постоянный с Баренцевым морем	С соседними морями		С Тихим океаном и Арктическим бассейном	
Ледовитость	Высокая	<b>Средняя</b>	Высокая		Средняя	

чего снимали ИК-Фурье спектры поглощения. Идентификацию МП и выявление химических компонентов, входящих в состав исследуемых образцов, проводили путем автоматического и при необходимости последующего ручного сравнения спектров образца с эталонными спектрами материалов и веществ из встроенной базы данных прибора. Таким образом, был получен спектр веществ, которые с высокой долей вероятности входили в состав частиц МП ( $n = 509$ ).

Ввиду необходимости изучения преимущественно ЧИШД в акватории окраинных морей СЛО, из 136 исследуемых образцов в последующий анализ включались те образцы, которые в своем составе (по данным ИК-Фурье спектрометра IRTracer-100) имели возможные компоненты ЧИШД: частицы износа дороги и асфальта, износа тормозов, бензина, автомобильных масел и красок. Таким образом, только 29 из 136 образцов МП имели в своем составе компоненты АШ и дорог. При этом идентифицированные 29 образцов суммарно имели в своем составе 49 частиц, соответствующих ЧИШД на основании наличия одного или нескольких веществ износа шин и дорог.

В дальнейшем отобранные частицы, содержащие компоненты шин и дорожного покрытия ( $n = 49$ ), подвергались лабораторной обработке, сортировке частиц и волокон для получения объективных, сопоставимых количественных оценок загрязнения поверхностных вод морей в соответствии со стандартной методикой изучения частиц МП, подробно представленной в работе [8]. Единый алгоритм анализа ЧИШД и МП использован в связи с тем, что ЧИШД являются вторичным МП.

### Результаты

Проведено исследование, оценивающее концентрацию и физико-химические характеристики 29 образцов МП, имеющих в своем составе ЧИШД ( $n = 49$ ).

*Сравнительная характеристика представленности и концентрации ЧИШД в окраинных морях СЛО.* В Баренцевом море 12 из 63 образцов МП включали в себя ЧИШД, в Восточно-Сибирском море – 6 из 16 образцов, Карском – 4 из 19 образцов, в море Лаптевых – 1 из 7 образцов, в Печорском – 1 из 11 образцов. В Чукотском море – 5 из 20 образцов МП имели в своем составе компоненты АШ и дорог. Следовательно, наибольшая относительная представленность ЧИШД выявлена в Восточно-Сибирском море – 38 %. Несколько реже ЧИШД встречались в Чукотском, Карском и Баренцевом морях: относительное значение ЧИШД составляло 25, 21 и 19 % соответственно. Море Лаптевых и Печорское характеризовались наименьшей представленностью ЧИШД. Однако, ввиду различного объема окраинных морей СЛО, говорить о том, что Восточно-Сибирское море больше остальных морей загрязнено отходами ЧИШД не представляется возможным. Именно поэтому в дальнейшем оценивалась концентрация ЧИШД в целом в акватории окраинных морей СЛО и в каждом из изучаемых морей, и обнаружилось, что общая концентрация ЧИШД в окраинных морях СЛО составляет  $0,25 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ , тогда как Печорское море характеризуется наибольшей концентрацией ЧИШД, равной  $20,76 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ , а Баренцево и море Лаптевых – наименьшими концентрациями ЧИШД, равными  $0,68$  и  $0,39 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$  соответственно. Однако достоверность не была подтверждена. Тем не менее выявлена закономерность, определяющая Печорское море как более неблагоприятное, а Баренцево и море Лаптевых – как более благоприятные акватории в отношении представленности компонентов износа АШ и дорог. Распределение абсолютного и относительного количества станций, содержащих компоненты ЧИШД в окраинных морях СЛО представлено в табл. 2, где  $P$  – критерий Краскелла–Уоллиса.

Различия глубины и удаленности от береговой линии проб, содержащих ЧИШД, в зависимости от акватории окраинных морей СЛО. При анализе данных глубины отбора проб, содержащих компоненты ЧИШД, между окраинными морями СЛО выявлены достоверно значимые различия между всеми исследуемыми морями: Баренцевым, Восточно-Сибирским, Чукотским, Карским, Печорским и морем Лаптевых. При этом Баренцево море характеризовалось наибольшей глубиной отбора проб с ЧИШД (258,00 м [182,00; 276,00]), тогда как море Лаптевых и Восточно-Сибирское ассоциировались с наименьшей глубиной: 22,00 м [22,00; 22,00] и 15,00 м [14,00; 23,00] соответственно. Полученные результаты, вероятнее всего, объясняются архитектурой дна исследуемых морей. Действительно, Баренцево море по сравнению с другими морями Северного Ледовитого океана считается наиболее глубоким и имеет характерный резкий континентальный склон, тогда как Восточно-Сибирское и море Лаптевых являются наиболее мелководными и имеют пологий континентальный склон [8 – 10].

Важная изучаемая характеристика – удаленность ЧИШД от береговой линии. Море Лаптевых ассоциировалось с наименьшим расстоянием от береговой линии (20,00 м [20,00; 20,00]), при котором встречались ЧИШД.

Таблица 2

**Распределение абсолютного и относительного количества станций, содержащих компоненты ЧИШД, а также значение концентрации ЧИШД в окраинных морях СЛО**

Параметр	Море						Р
	Баренцево	Восточно-Сибирское	Карское	Лаптевых	Печорское	Чукотское	
Общее число проб (n = 136)	63 (46,3 %)	16 (11,8 %)	19 (14,0 %)	7 (5,1 %)	11 (8,1 %)	20 (14,7 %)	0,54
Число проб с ЧИШД (n = 29)	12 (41,4 %)	6 (20,7 %)	4 (13,8 %)	1 (3,4 %)		5 (17,2 %)	–
Доля ЧИШД, %	19	38	21	14	9	25	Не установлено
Концентрация ЧИШД, шт./((км <sup>3</sup> ·10 <sup>-6</sup> ))	0,68	6,18	2,15	0,39	20,76	5,51	
Общая концентрация ЧИШД, шт./((км <sup>3</sup> ·10 <sup>-6</sup> ))	0,25						

Ключевыми характеристиками ЧИШД при этом установлены наибольший вес на фоне наименьшего среднего размера по сравнению с ЧИШД, полученными при сборе образцов в других окраинных морях СЛО. В свою очередь, Чукотское море было связано с наибольшим расстоянием от береговой линии, при котором встречались ЧИШД: 280,00 км [243,50; 305,00]. При этом ЧИШД в данном море характеризовались наименьшим весом и более высокими показателями среднего размера по сравнению с частицами, полученными в море Лаптевых. Важно отметить, что ЧИШД с наибольшим средним размером и наибольшей площадью, которые были легче частиц, полученных из моря Лаптевых, но тяжелее ЧИШД из Чукотского моря, получены из акватории Баренцева моря, для которого характерна наибольшая глубина отбора проб с ЧИШД. Таким образом, можно сделать вывод о том, что физические характеристики вносят неотъемлемый вклад в распространение ЧИШД в гидросфере, а значит, знания о весе и размерах ЧИШД могут являться одними из ключевых параметров, определяющих зону загрязнения данными отходами в различных морях. Ключевые характеристики ЧИШД, полученные из акватории различных окраинных морей СЛО, представлены в табл. 3.

*Различия физико-химических характеристик ЧИШД в зависимости от акватории окраинных морей СЛО.* Учитывая ограниченность данных, в нашем исследовании не было выявлено каких-либо достоверных взаимосвязей между физико-химическими характеристиками ЧИШД в зависимости от акватории окраинных морей СЛО, в которых были получены исследуемые образцы. Тем не менее выявлены закономерности в отношении различий химического состава ЧИШД между морями.

Частицы износа шин и дорог, выявленные в окраинных морях СЛО, преимущественно включали в себя компоненты смазочных материалов (32,7 %), парафины (24,5 %), компоненты резины и каучука (14,3 %), пластификаторы (12,2 %) и фталаты (6,1 %). При этом доминирующими химическими веществами являлись стеарат кальция (10,2 %), полиуретановый лак на водной основе – V1605 POLYUREXMAT 0000 (10,2 %), микрокристаллический воск (10,2 %), дотриаконтан (8,16 %) и этилен-пропиленовый каучук торговой марки Dutral (6,12 %). Учитывая наибольшую представленность данных веществ в составе ЧИШД, мы предположили, что они потенциально могут являться маркерами данных частиц и определять характер миграции ЧИШД в арктических водах. Именно поэтому в дальнейшем изучалась динамика распределения данных химических веществ в зависимости от акватории окраинных морей СЛО.

Частицы износа шин и дорог, полученные в акватории Баренцева моря, в своем составе имели преимущественно парафины (а именно, микрокристаллический воск) и пластификаторы; ЧИШД из Чукотского и Восточно-Сибирского морей характеризовались высокой представленностью компонентов смазочных материалов, причем ЧИШД из Чукотского моря состояли преимущественно из стеарата кальция, а из Восточно-Сибирского – из полиуретанового лака на водной основе – V1605 POLYUREXMAT 0000. Физико-химические характеристики ЧИШД, полученных из акватории различных окраинных морей СЛО, представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Ключевые характеристики ЧИШД,  
полученные из акватории различных окраинных морей СЛО**

Параметр	Море							P
	Общее (n = 49)	Баренцево (n = 21)	Восточно- Сибирское (n = 11)	Чукотское (n = 8)	Карское (n = 4)	Печорское (n = 3)	Лаптевых (n = 2)	
Глубина отбора проб, м	75,00 [38,00; 258,00]	258,00 [182,00; 276,00]	15,00 [14,00; 23,00]	52,00 [51,00; 55,00]	85,50 [44,00; 212,00]	75,00 [75,00; 75,00]	22,00 [22,00; 22,00]	0,000
Удаленность от берега, км	84,00 [43,00; 182,00]	84,00 [62,00; 109,00]	43,00 [35,00; 94,00]	280,00 [243,50; 305,00]	107,50 [46,50; 190,50]	50,00 [50,00; 50,00]	20,00 [20,00; 20,00]	0,009
Вес, мг	0,55 [0,10; 1,35]	0,70 [0,40; 0,80]	2,00 [0,80; 3,70]	0,10 [0,10; 0,40]	0,45 [0,25; 3,32]	0,70 [0,10; 0,80]	2,10 [0,10; 4,10]	0,091
Размер, мм × мм	1,20 × 1,10 [0,90 × 0,70; 2,10 × 2,10]	1,50 × 3,30 [0,50 × 3,10; 1,90 × 5,10]	1,80 × 1,10 [1,10 × 0,90; 3,40 × 1,80]	1,20 × 0,90 [0,80 × 0,60; 1,70 × 1,20]	1,10 × 0,70 [0,90 × 0,50; 1,10 × 1,10]	1,70 × 1,20 [0,90 × 0,70; 3,20 × 5,30]	0,95 × 0,55 [0,90 × 0,40; 1,00 × 0,70]	—
Средний размер, мм	1,20 [0,80; 2,20]	3,30 [2,10; 4,10]	1,57 [1,00; 2,60]	1,12 [0,70; 1,37]	0,80 [0,80; 1,10]	2,20 [0,80; 3,50]	0,75 [0,70; 0,80]	0,029
Площадь, мм <sup>2</sup>	1,43 [0,63; 4,37]	4,37 [4,15; 7,65]	2,33 [0,99; 4,83]	1,25 [0,49; 1,72]	0,63 [0,55; 1,21]	3,84 [0,63; 9,01]	0,51 [0,40; 0,63]	0,173

Таким образом, полученные закономерности расширяют представление о химических особенностях ЧИШД и характере их распространения в окраинных морях СЛО, а также диктуют необходимость дальнейшего более детального изучения природы ЧИШД и стратегии их миграции в акватории Арктических морей.

### Обсуждение

В течение последнего десятилетия отмечается увеличение продукции АШ. Так, в мире ежегодно выбрасывается до 1,5 млрд АШ. К 2030 году ожидается их увеличение до 5 миллиардов, что определяет лавинообразный

Таблица 4

**Физико-химические параметр ЧИШД,  
полученные из акватории окраинных морей СЛО**

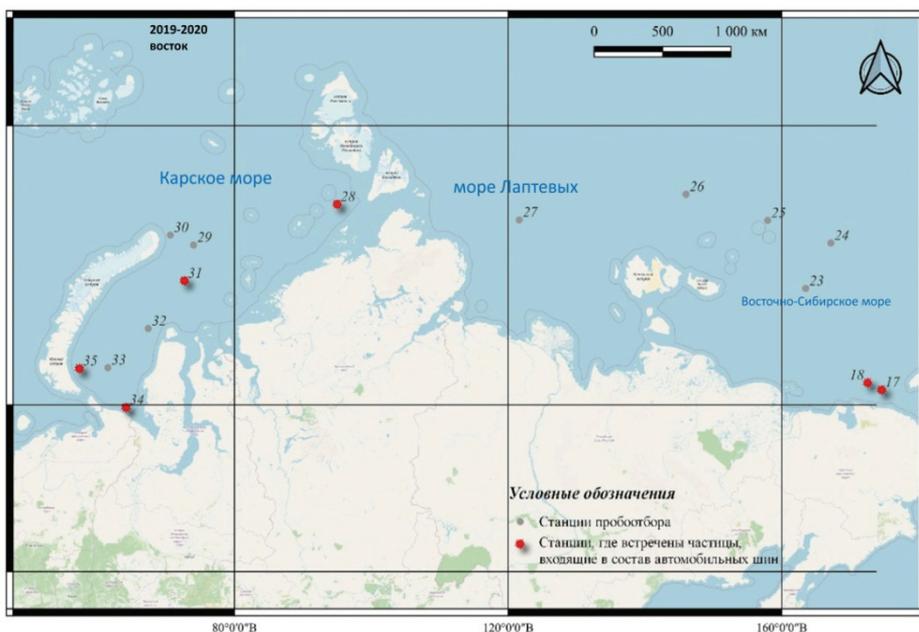
Характеристика	Море (n= 49)					
	Баренцево (n = 21)	Восточно- Сибирское (n = 11)	Чукотское (n = 8)	Карское (n = 4)	Печорское (n = 3)	Лаптевых (n=2)
<i>Природа (P = 0,0662)</i>						
Синтетическая	18	9	7	2	1	2
Смешанная	3	2	1	1	2	–
Натуральная	–	–	–	1	–	–
<i>Структура волокнистая (P = 0,8027)</i>						
Да	1	–	1	–	–	–
Нет	20	11	7	4	3	2
<i>Цвет (не установлен)</i>						
Белый	2	–	1	1	–	–
Желтый	–	–	3	–	–	–
Серый	2	1	2	–	1	–
Синий	–	–	1	–	–	–
Черный	1	–	1	2	2	–
<i>Крошится при обработке (P = 0,0041)</i>						
Да	–	–	4	1	1	–
Нет	21	11	4	3	2	2
<i>Химический состав (P = 0,1169)</i>						
Стеарат кальция	–	–	5	–	–	–
Полиуретановый лак на водной основе V1605 POLYUREX MAT 0000	–	4	–	–	–	1
Микрокристаллический воск	5	–	–	–	–	–
Дотриаконтан	2	2	–	–	–	–
Этилен-пропиленовый каучук Dutral	1	1	1	–	–	–
<i>Химическая группа веществ</i>						
Компоненты смазочных материалов	–	5	7	2	1	1
Парафины	9	2	–	–	1	–
Компоненты резины и каучука	1	3	1	–	1	1
Пластификаторы	6	–	–	–	–	–
Фталаты	3	–	–	–	–	–
Другое	2	–	–	1	–	–
Компоненты асфальта	–	1	–	1	–	–

прирост количества отходов шин и компонентов их износа (ЧИШД), попадающих в окружающую среду [11].

Несмотря на то что процесс образования ЧИШД сосредоточен вдоль автомобильных дорог, ЧИШД могут накапливаться не только в почве и воздухе вдоль автомагистралей, но и с поверхностным стоком, дождем, снегом попадать в ливневые стоки и поверхностные воды, достигать озер и рек, переносящих данные отходы в моря и океаны. Поскольку ЧИШД плотнее морской воды, путь из океана на сушу маловероятен [1, 12]. Тем не менее в морских водах ЧИШД способны накапливаться в организмах морских животных. Попадание ЧИШД в организм живых существ, в том числе в организм человека, приводит к механическому воздействию на ткани, подобно МП: изъязвлению слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта, роговицы и др. Однако входящие в состав ЧИШД тяжелые металлы, компоненты лакокрасочных и смазочных материалов способны оказывать биологическое действие, изменяя структуру ДНК и влияя на процессы роста, дифференцировки и размножения. Таким образом, ЧИШД могут являться триггерами развития мутаций и злокачественных опухолей, что не свойственно для МП [1]. Поэтому изучение отходов ЧИШД в гидросфере – крайне востребованно и перспективно.

Географические особенности России определяют важность изучения накопления МП и ЧИШД в окраинных морях СЛО ввиду того, что данные отходы, попадая в крупные реки Сибири (Енисей, Обь, Лена, Колыма и др.), мигрируют в арктические воды. В свою очередь, ввиду прогрессивного таяния ледников, поступившие в окраинные моря СЛО отходы МП и ЧИШД стремятся в воды Атлантического океана, оказывая непосредственное влияние на загрязнение мирового океана [12], поэтому в исследовании дана оценка концентрации и ключевых характеристик ЧИШД в окраинных морях СЛО. Предполагаемая динамика отходов МП и ЧИШД в зависимости от течений в арктических водах представлена на рис. 2.

*Концентрация ЧИШД в окраинных морях СЛО.* В проведенном исследовании концентрация ЧИШД в окраинных морях СЛО составила  $0,25 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ . В литературе отсутствуют данные о концентрации ЧИШД в гидросфере, однако имеются сведения представленности МП в прибрежных водах различных стран мира. Так, было выявлено, что концентрация МП в окраинных морях СЛО равнялась  $0,15 \text{ ед./м}^3$  [8]. При этом значение концентрации МП в водах Бохайского моря (Китай) составляло  $(0,49 \pm 0,18) \text{ частиц/м}^3$ , что в 3,2 раза превышало концентрацию МП в водах СЛО [8]. Таким образом, стоит предположить, что представленность ЧИШД в составе МП в Арктическом регионе (по сравнению с наиболее загрязненным регионом – Китаем) низкая, а ЧИШД – крайне низкая ( $0,15 \text{ ед./м}^3$  – концентрация МП [8];  $0,25 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$  – концентрация ЧИШД по данным представленного исследования). Однако, по сравнению с количеством автодорог и автотранспорта в Китае, зона крайнего Севера России характеризуется резкой ограниченностью автомагистралей и автомобилей. Также имеется скудная представленность автодорог в Сибири вблизи рек Обь и Енисей, впадающих в Карское море и определяющих наибольший речной сток в акваторию арктической зоны по сравнению со всеми другими реками России [7]. Это определяет низкий



**Рис. 2. Предполагаемая динамика отходов МП и ЧИШД в зависимости от течений в арктических водах**

риск попадания ЧИШД в арктические воды. Однако, несмотря на эти географические и урбанистические особенности, результаты данного исследования продемонстрировали наличие ЧИШД в окраинных морях СЛО.

Результаты проведенного исследования не показали достоверность в различии между концентрацией ЧИШД в исследуемых окраинных морях СЛО. Тем не менее более высокая концентрация ЧИШД отмечалась в Печорском море и составляла  $20,76 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ , тогда как наименьшая концентрация ЧИШД выявлена в Баренцевом море и море Лаптевых:  $0,68$  и  $0,39 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$  соответственно. Стоит предположить, что более высокая концентрация ЧИШД в Печорском море объясняется его географическими особенностями: крайне малыми размерами, полузамкнутым контуром, мелководностью (средняя глубина – 6 м), высоким речным стоком за счет реки Печора, средней ледовитостью, а значит отсутствием препятствия к вертикальному распространению ЧИШД [7]. В свою очередь, низкие концентрации ЧИШД в Баренцевом море вероятно объясняются его большим объемом, низким речным стоком и высокой ледовитостью [7]. Море Лаптевых характеризуется высоким речным стоком (впадают реки Лена и Яна), который, по-видимому, не играет существенной роли в миграции ЧИШД в воды данного моря [7]. Подобным образом обращает на себя внимание невысокие значения концентрации ЧИШД в Карском море ( $2,15 \text{ шт./}(\text{км}^3 \cdot 10^{-6})$ ), имеющем наибольший речной сток (реки Енисей, Обь) из всех окраинных морей СЛО [7]. В работе [8] отмечено, что концентрация МП была наименьшей в море Лаптевых ( $0,02 \text{ ед./м}^3$ ) и наибольшей в Карском ( $0,15 \text{ ед./м}^3$ ), что предсказуемо подтверждает вклад речного стока рек Енисея и Оби в загрязнение МП Карского моря. Аналитическое сравнение полученных результатов

с данными работы [8] позволяет предположить весомое значение речного стока на уровни МП и ЧИШД в арктических водах и незначительный его вклад в загрязнение вод окраинных морей СЛО. Действительно, российской экспертной группой определено, что на концентрацию МП в водах СЛО влияют два ключевых фактора: сброс сибирских рек и поверхностные воды атлантического происхождения [6]. Однако ввиду слабо развитых автомобильных дорог и автомобильной промышленности в Сибири и Арктическом регионе, вероятно, ключевой вклад в загрязнение ЧИШД вод СЛО вносит Атлантическое течение, наибольший водообмен с которым отмечается в Баренцевом море. При этом акватория юго-восточной части Баренцева моря представлена полузамкнутым Печорским морем, что создает дополнительные условия для более выраженного загрязнения отходами ЧИШД его акватории, что было продемонстрировано в проведенном исследовании.

Таким образом, наибольшее загрязнение отходами ЧИШД характерно для акватории Печорского моря, что, вероятно, объясняется его полузамкнутым контуром и высоким водообменом с атлантическими водами. В свою очередь, речной сток вносит незначительный вклад в загрязнение вод Арктического региона отходами ЧИШД. Тем не менее полученные результаты требуют последующих научных подтверждений.

*Различие в физико-химических характеристиках ЧИШД между водами окраинных морей СЛО.* В исследовании не выявлено каких-либо достоверных взаимосвязей между физико-химическими характеристиками ЧИШД в зависимости от акватории морей, в которых были получены исследуемые образцы. Тем не менее замечены некоторые закономерности.

Так, результаты проведенного исследования продемонстрировали, что ЧИШД, полученные на разном расстоянии в акватории арктических морей, характеризовались различными показателями веса и размера. Так, в море Лаптевых ЧИШД встречались на наименьшем расстоянии от береговой линии и имели наибольший вес на фоне наименьшего среднего размера; ЧИШД из Чукотского моря встречались на наибольшем расстоянии от береговой линии и имели наименьший вес и более высокие показатели среднего размера по сравнению с частицами, полученными в море Лаптевых. Подобные результаты были получены в ранее опубликованных исследованиях, изучающих физико-химические характеристики МП в Арктическом регионе. Так, было показано, что более мелкие частицы МП, имеющие высокое соотношение поверхности к объему, оседают на дно быстрее крупных частиц [10]. Более того, в работе [13] продемонстрировано, что МП в арктических морях осаждаются в прибрежной зоне, имеющей более выраженную глубину. В этих исследованиях вектор изучения касался размера, но не веса изучаемых частиц. В нашей работе определено, что более тяжелые частицы, имеющие более низкие показатели среднего размера оседают ближе к берегу, тогда как наиболее легкие частицы способны мигрировать далеко от береговой линии. Можно сделать вывод, что физические характеристики вносят неотъемлемый вклад в распространение ЧИШД в гидросфере, а значит, знания о весе и размерах ЧИШД могут являться одними из ключевых параметров, определяющих зону загрязнения данными отходами в различных окраинных морях СЛО.

Также в проведенном исследовании выявлен различный химический состав ЧИШД в акватории Баренцева, Чукотского и Восточно-Сибирского морей. Частицы износа шин и дорог, полученные в акватории Баренцева моря, в своем составе имели парафины (микрористаллический воск), тогда как ЧИШД из Чукотского и Восточно-Сибирского морей характеризовались высокой представленностью компонентов смазочных материалов: в Чукотском море доминировал стеарат кальция, а в Восточно-Сибирском – полиуретановый лак на водной основе. Стоит предположить, что парафины определяют большую площадь поверхности ЧИШД, существенно не утяжеляя частицы, в связи с чем последние способны достаточно далеко распространяться от береговой линии Баренцева моря. В свою очередь, компоненты смазочных материалов не способны резко увеличивать размер ЧИШД, но, вероятно, способны влиять на вес полученных образцов. Так, ЧИШД, имеющие в своем составе стеарат кальция, характеризовались наименьшим весом и встречались в наиболее удаленных от береговой линии зонах Чукотского моря. Частицы износа шин и дорог, содержащие в своем составе полиуретановый лак, имели более высокий вес и быстро оседали у береговой линии Восточно-Сибирского моря.

Еще одной важной особенностью различного химического состава ЧИШД в зависимости от окраинных морей СЛО является разнообразное влияние данных отходов на экологию гидросферы. Так, считается, что парафины (микрористаллический воск) не являются токсичными для окружающей среды и человека, тогда как стеарат кальция и полиуретановый лак способны оказывать механическое и биологическое действия на морские организмы [14 – 16]. При этом наиболее неблагоприятным является способность компонентов смазочных материалов (стеарата кальция, полиуретанового лака на водной основе), выявленных в Чукотском и Восточно-Сибирском морях, к биологическому воздействию, то есть воздействию на структуру ДНК, процессы размножения, роста и дифференцировки клеток. Это определяет высокий риск мутаций и развития злокачественных образований у организмов, обосновывает важность изучения характера миграции ЧИШД с различным химическим составом в водах окраинных морей СЛО, доказывает необходимость исследований возможных пагубных эффектов данных частиц на окружающую среду и человека [15, 16].

### **Заключение**

Концентрация и физико-химические характеристики частиц износа шин и дорог отличаются между окраинными морями СЛО, что диктует необходимость дальнейшего более детального изучения их природы, стратегии миграции в акватории морей и оценки эффекта воздействия на окружающую среду, в частности на гидросферу. Полученные результаты позволят разработать и внедрить в практику меры предотвращения накопления ЧИШД в мировом океане и способы ликвидации имеющихся в морских водах загрязнений данными отходами.

### Список литературы

1. A review of tire wear particles: Occurrence, adverse effects, and control strategies / Y. Wang, X. Li, H. Yang [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2024. – Vol. 283, No. 421. – Art. 116782. doi: 10.1016/j.ecoenv.2024.116782
2. Мазлова, Е. А. Влияние отходов автомобильных шин на окружающую среду / Е. А. Мазлова, А. В. Лобанов, Р. Р. Усманов // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. – 2024. – № 3(318). – С. 37 – 46.
3. Идентификация микропластика в береговом грунте арктических и дальневосточных морей / Я. Ю. Блиновская, О. А. Куликова, Е. А. Мазлова, М. В. Гаврило // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. – 2020. – № 1(292). – С. 35 – 38. doi: 10.33285/2411-7013-2020-1(292)-35-38
4. Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards / H. Kye, J. Kim, S. Ju [et al.] // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9, No. 4. – Art. e14359. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14359
5. Microplastics in the Arctic: a transect through the Barents Sea / H. Emberson-Marl, R. L. Coppock, M. Cole [et al.] // *Frontiers in Marine Science*. – 2023. – No. 10. – Art. 1241829. doi: 10.3389/fmars.2023.1241829
6. Microplastics distribution in the Eurasian Arctic is affected by Atlantic waters and Siberian rivers / E. Yakushev, A. Gebruk, A. Osadchiev [et al.] // *Communications Earth & Environment*. – 2021. – Vol. 2, No. 23. doi: 10.1038/s43247-021-00091-0
7. Атлас биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики. – Текст : электрон. / под ред. В. А. Спиридонова, М. В. Гаврило, Е. Д. Красновой, Н. Г. Николаевой. – М. : WWF России, 2011. – 64 с. – URL: [https://wsbs-msu.ru/res/DOCFOLDER120/atlas\\_biol\\_ros\\_arkt\\_web.pdf](https://wsbs-msu.ru/res/DOCFOLDER120/atlas_biol_ros_arkt_web.pdf) (дата обращения: 23.04.2025)
8. Колончин, К. В. Исследования содержания микропластика в воде и промысловых рыбах: от научного поиска к масштабному мониторингу / К. В. Колончин, А. П. Педченко, В. А. Беляев // *Труды ВНИРО*. – 2023. – Т. 193. – С. 162 – 173. doi: 10.36038/2307-3497-2023-193-162-173
9. Microplastic pollution in tropical estuary gastropods: Abundance, distribution and potential sources of Klang River estuary, Malaysia / M. Zaki, S. Zaid, A. Zainuddin, et al. // *Marine Pollution Bulletin*. – 2021. – Vol. 162, No. 12. – Art. 111866. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111866
10. Arctic Ocean sediments as important current and future sinks for marine microplastics missing in the global microplastic budget / S. Kim, J. Kim, S. Kim [et al.] // *Science Advances*. – 2023. – Vol. 9, No. 27. – Art. eadd2348. doi: 10.1126/sciadv.add2348
11. A Review on Management of End of Life Tires (ELTs) and Alternative Uses of Textile Fibers / P. Grammelis, N. Margaritis, P. Dallas [et al.] // *Energies*. – 2021. – Vol. 14, No. 3. – Art. 571. doi: 10.3390/en14030571
12. Rudels, B. Arctic Ocean Water Mass Structure and Circulation / B. Rudels, E. Carmack // *Oceanography*. – 2022. – Vol. 35, No. 3-4. – P. 52 – 65. doi: 10.5670/oceanog.2022.116
13. Arctic threads: Microplastic fibres in Chukchi and Beaufort Sea Sediments / K. Dhineka, P. Mishra, T. Ikenoue [et al.] // *Marine Pollution Bulletin*. – 2024. – Vol. 208. – Art. 116954. doi: 10.1016/j.marpolbul.2024.116954
14. Safety Data Sheet. Calcium stearate. According to Regulation (EU) No 453/2010. Issue Date 20.10.2020. – Текст : электрон. – URL: [https://www.tepekimya.com.tr/application/files/8316/0680/4174/Calcium\\_stearate\\_SDS\\_EN.pdf](https://www.tepekimya.com.tr/application/files/8316/0680/4174/Calcium_stearate_SDS_EN.pdf) (дата обращения: 23.04.2025)
15. Rose, M. D. Scientific Opinion on the re-evaluation of microcrystalline wax (E 905) as a food additive EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) / M. D. Rose // *EFSA Journal*. – 2013. – Vol. 11, No. 4. – P. 3146. [32 pp.] doi: 10.2903/j.efsa.2013.3146

16. Effects of polyurethane microplastics combined with cadmium on maize growth and cadmium accumulation under different long-term fertilisation histories / M. Zhao, Y. Li, C. Li [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*. – 2024. – Vol. 15, No. 473. – P. 134726. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134726

### References

1. Wang Y., Li X., Yang H. [et al.], A review of tire wear particles: Occurrence, adverse effects, and control strategies, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2024, vol. 283, no. 421, art. 116782. doi: 10.1016/j.ecoenv.2024.116782

2. Mazlova Ye.A., Lobanov A.V., Usmanov R.R. [Impact of waste automobile tires on the environment], *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas complex], 2024, no. 3(318), pp. 37-46. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Blinovskaya Ya.Yu., Kulikova O.A., Mazlova Ye.A., Gavrilov M.V. [Identification of microplastics in the coastal soil of the Arctic and Far Eastern seas], *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas complex], 2020, no. 1(292), pp. 35-38. doi: 10.33285/2411-7013-2020-1(292)-35-38 (In Russ., abstract in Eng.)

4. Kye H., Kim J., Ju S. [et al.], Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards, *Heliyon*, 2023, vol. 9, no. 4, art. e14359. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14359

5. Emberson-Marl H., Coppock R.L., Cole M. [et al.], Microplastics in the Arctic: a transect through the Barents Sea, *Frontiers in Marine Science*, 2023, no. 10, art. 1241829. doi: 10.3389/fmars.2023.1241829

6. Yakushev E., Gebruk A., Osadchiv A. [et al.], Microplastics distribution in the Eurasian Arctic is affected by Atlantic waters and Siberian rivers, *Communications Earth & Environment*, 2021, vol. 2, no. 23. doi: 10.1038/s43247-021-00091-0

7. Available at: [https://wsbs-msu.ru/res/DOCFOLDER120/atlas\\_biol\\_ros\\_arkt\\_web.pdf](https://wsbs-msu.ru/res/DOCFOLDER120/atlas_biol_ros_arkt_web.pdf) (accessed 23 April 2025)

8. Kolonchin K.V., Pedchenko A.P., Belyaev V.A. [Studies of microplastic content in water and commercial fish: from scientific research to large-scale monitoring], *Trudy VNIRO* [Proceedings of VNIRO], 2023, vol. 193, pp. 162-173. doi: 10.36038/2307-3497-2023-193-162-173 (In Russ., abstract in Eng.)

9. Zaki M., Zaid S., Zainuddin A. [et al.], Microplastic pollution in tropical estuary gastropods: Abundance, distribution and potential sources of Klang River estuary, Malaysia, *Marine Pollution Bulletin*, 2021, vol. 162, no. 12, art. 111866. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111866

10. Kim S., Kim J., Kim S. [et al.], Arctic Ocean sediments as important current and future sinks for marine microplastics missing in the global microplastic budget, *Science Advances*, 2023, vol. 9, no. 27, art. eadd2348. doi: 10.1126/sciadv.add2348

11. Grammelis P., Margaritis N., Dallas P. [et al.], A Review on Management of End of Life Tires (ELTs) and Alternative Uses of Textile Fibers, *Energies*, 2021, vol. 14, no. 3, art. 571. doi: 10.3390/en14030571

12. Rudels B., Carmack E. Arctic Ocean Water Mass Structure and Circulation, *Oceanography*, 2022, vol. 35, no. 3-4, pp. 52-65. doi: 10.5670/oceanog.2022.116

13. Dhineka K., Mishra P., Ikenoue T. [et al.], Arctic threads: Microplastic fibres in Chukchi and Beaufort Sea Sediments, *Marine Pollution Bulletin*, 2024, vol. 208, art. 116954. doi: 10.1016/j.marpolbul.2024.116954

14. Safety Data Sheet. Calcium stearate. According to Regulation (EU) No 453/2010. Issue Date 20.10.2020, available at: [https://www.tepekimya.com.tr/application/files/8316/0680/4174/Calcium\\_stearate\\_SDS\\_EN.pdf](https://www.tepekimya.com.tr/application/files/8316/0680/4174/Calcium_stearate_SDS_EN.pdf) (accessed 23 April 2025).

15. Rose M.D. Scientific Opinion on the re-evaluation of microcrystalline wax (E 905) as a food additive EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added

to Food (ANS), *EFSA Journal*, 2013, vol. 11, no. 4, pp. 3146. [32 pp.], doi: 10.2903/j.efsa.2013.3146

16. Zhao M., Li Y., Li C. [et al.] Effects of polyurethane microplastics combined with cadmium on maize growth and cadmium accumulation under different long-term fertilisation histories, *Journal of Hazardous Materials*, 2024, vol. 15, no. 473, pp. 134726. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134726

---

## **Pollution of the Arctic Ocean Seas by Tire Wear Products**

**E. A. Mazlova, A. V. Lobanov,  
Ya. Yu. Blinovskaya, A. P. Pedchenko**

*Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia;  
Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;  
All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Moscow, Russia*

**Keywords:** tires; pollution; microplastics; petrochemical waste; environment; waste; pollution prevention; tire decomposition products; Arctic Ocean; tire and road wear particles.

**Abstract:** The article considers the results of the study of the quantitative and physicochemical composition of tire and road wear particles (TRWP) identified as part of the total micro-sized pollution of the Russian Arctic waters. When entering the environment, TRWP is absorbed by marine organisms, which disrupts their vital processes. Despite the existing opinion about the detrimental impact of TRWP on the environment, their concentration, physicochemical properties and biological effects have not been fully studied. Studies have shown that the TRP concentration in the marginal seas of the Arctic Ocean (AO) was  $0.25 \text{ pcs}/(\text{km}^3 \cdot 10^{-6})$ . It was found that the Pechora Sea was characterized by the highest concentration of tire wear debris ( $20.76 \text{ pcs}/(\text{km}^3 \cdot 10^{-6})$ ), while the Barents and Laptev Seas had the lowest concentrations of  $0.68$  and  $0.39 \text{ pcs}/(\text{km}^3 \cdot 10^{-6})$ , respectively. It was revealed that in the Laptev Sea, tire wear debris were found at the shortest distance from the coast and had the greatest mass. Tire and road wear debris from the Chukchi Sea were found at the greatest distance from the coast and had the lowest mass; from the Barents Sea, they contained non-toxic paraffins and plasticizers; from the Chukchi Sea, they consisted of toxic calcium stearate, and tire wear debris from the East Siberian Sea consisted of toxic polyurethane varnish. It has been established that the concentration and properties of TRWP differ between the marginal seas of the Arctic Ocean, which dictates the need for further study of their nature, migration strategy and assessment of the impact on the environment.

---

© Е. А. Мазлова, А. В. Лобанов,  
Я. Ю. Блиновская, А. П. Педченко, 2025

## **АНАЛИЗ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ МАШИН ДЛЯ ДОБЫЧИ ИСКОПАЕМЫХ В ТИХОМ ОКЕАНЕ**

**Н. Ю. Свинцов, Ю. А. Васянович**

*ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет»,  
Владивосток, Россия*

**Ключевые слова:** анализ воздействия на окружающую природную среду; глубоководная машина для добычи железомарганцевых конкреций; добыча твердых полезных ископаемых в океане; морские экосистемы; распространение плюма взвешенных веществ.

**Аннотация:** Проанализировано воздействие на окружающую природную среду машин, используемых для глубоководной добычи железомарганцевых конкреций (ЖМК) в провинции Кларион-Клиппертон Тихого океана. Рассмотрены основные виды воздействия на морскую среду, включая механическое разрушение донных осадков, образование плюма взвешенных веществ и нарушение структуры бентосных сообществ. Проведена сравнительная оценка различных механизмов передвижения добычных машин (гусеничных, винтовых, буксируемых и на основе архимедовой спирали) и способов сбора ЖМК (механических, гидравлических). Предложены меры для минимизации ущерба при глубоководной добыче ЖМК.

### **Введение**

Глубоководная добыча полезных ископаемых, в частности железомарганцевых конкреций (ЖМК), приобретает все большую актуальность в условиях растущего спроса на редкоземельные металлы и истощения наземных месторождений. Провинция Кларион-Клиппертон в Тихом океане является одним из ключевых районов, где сосредоточены значительные запасы ЖМК, что делает ее объектом пристального внимания для государств и частных компаний. Однако эксплуатация этих ресурсов сопровождается значительной неопределенностью в оценке воздействия на окружающую природную среду (ОПС).

---

Свинцов Никита Юрьевич – ассистент кафедры горного дела, e-mail: Nikitakorolev92@mail.ru, ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Владивосток, Россия; Васянович Юрий Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры горного дела, ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Владивосток, Россия.

Применение специализированных машин для сбора ЖМК приводит к механическому воздействию на донные осадки, нарушению структуры бентосных сообществ и возможному распространению взвешенных частиц в толще воды. Эти процессы могут вызывать долгосрочные изменения в ОПС, включая снижение биоразнообразия и нарушение баланса глубоководных экосистем. В связи с этим необходима комплексная оценка последствий использования подобных технологий для разработки устойчивых подходов к освоению минеральных ресурсов океана.

*Цель исследования* – анализ воздействия машин для сбора ЖМК на окружающую природную среду в провинции Кларион-Клиппертон.

В работе рассматриваются:

- характеристики добывающей техники и ее влияние на морское дно;
- изменения в бентосных сообществах вследствие механического воздействия;
- риски распространения шлейфов взвешенных веществ;
- возможные меры по минимизации экологического ущерба.

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования нормативной базы в области глубоководной добычи, а также для разработки природоохранных технологий, направленных на снижение антропогенной нагрузки на морские экосистемы.

### **Требования к технологии и оборудованию для глубоководной добычи ЖМК**

Добычные работы на дне океана можно рассматривать как антропогенный механизм трансформации геоэкологических условий территории. Деятельность по поиску и разведке глубоководных полезных ископаемых находится под усиленным экологическим контролем, так как при будущей разработке существует риск серьезных изменений состояния морской среды вследствие ее загрязнения.

Производственная мощность должна составлять не менее 3 млн т сухой массы ЖМК в год, с непрерывным периодом добычи на протяжении не мене 20 лет.

Требования Международной организации по морскому дну для глубоководной добычи ЖМК, направленные на обеспечение экологической безопасности, рационального использования ресурсов и технической надежности оборудования, представлены в табл. 1 [1 – 5].

### **Комплекс добычи на основе глубоководной машины для сбора ЖМК**

Комплекс добычи на основе глубоководной машины для сбора ЖМК состоит из следующих основных элементов: добычное судно, системы транспортировки рудной массы на поверхность и самой глубоководной машины для сбора ЖМК (рис. 1) [6].

Рассмотрим подробнее машину для сбора ЖМК и ее воздействие на окружающую природную среду.

Глубоководная машина для сбора ЖМК является ключевым компонентом добычного комплекса и представляет сложную конструкцию, состоящую из механизма сбора ЖМК, устройства обеспечения плавучести, системы гидравлического управления, механизма передвижения, конструкции ходовой части и системы транспортировки и измельчения (рис. 2).

Таблица 1

**Требования Международной организации  
по морскому дну для глубоководной добычи ЖМК**

Рекомендации	Описание
	<i>Экологическая безопасность</i>
Оценка воздействия на окружающую среду	Проведение всесторонних экологических оценок до начала добычи для определения потенциальных рисков и воздействия на морские экосистемы, включая флору и фауну
	Регулярное обновление экологических оценок по мере развития проекта и в ответ на новые данные или изменения в условиях
Мониторинг и контроль	Осуществление постоянного мониторинга состояния окружающей среды на всех этапах добычи, включая операционные и постоперационные фазы
	Применение современных технологий для мониторинга, таких как дистанционное зондирование, подводные датчики и регулярные полевые исследования
	Подготовка регулярных отчетов о состоянии окружающей среды и предоставление их в соответствующие органы и заинтересованным сторонам
	<i>Соответствие техническим стандартам</i>
Оборудование и технологии	Использование экологически чистых и энергоэффективных технологий и оборудования, соответствующих международным стандартам
	Внедрение новейших технологий и инноваций для минимизации экологического воздействия и повышения эффективности добычи
Безопасность и надежность	Обеспечение высокой степени надежности и безопасности всех используемых систем и механизмов
	Установка резервных систем для обеспечения непрерывности операций и минимизации рисков аварий
	Регулярное техническое обслуживание и проверки оборудования для предотвращения неисправностей и обеспечения долгосрочной эксплуатации
Обучение и развитие	Содействие обучению и развитию персонала, задействованного в процессе добычи, в целях повышения их квалификации и осведомленности в вопросах экологии и безопасности
	Организация регулярных тренингов и семинаров по вопросам экологической безопасности и рационального использования ресурсов
	<i>Рациональное использование ресурсов</i>
Управление ресурсами	Применение методов, способствующих рациональному использованию минеральных ресурсов, минимизация потерь и отходов
	Использование компьютерного моделирования для оптимизации процессов добычи и управления ресурсами
Рециркуляция и переработка	Внедрение процессов, направленных на рециркуляцию и переработку добытых материалов для снижения экологического воздействия
	Поиск возможностей для вторичного использования отходов и побочных продуктов добычи



**Рис. 1. Комплекс добычи на основе глубоководной машины для сбора ЖМК**

Из-за большого разнообразия и различной степени воздействия на окружающую природную среду, особое внимание следует уделить механизмам сбора и передвижения. Рассмотрим их более детально.

*Механизм сбора ЖМК.*

В зависимости от механизма способы сбора ЖМК с поверхности морского дна можно разделить на два метода: механический (рис. 3) и гидравлический (рис. 4).

Модель механического сбора конкреций предложена компанией Ocean Minerals Company в 1976 году. Данная модель использовала вращающийся барабан с зубьями для сбора ЖМК с поверхности морского дна и транспортировки их к добычному судну.

В зависимости от характеристик потока гидравлический метод сбора можно классифицировать на три вида: всасывающий, настенный струйный и двухрядный струйный.

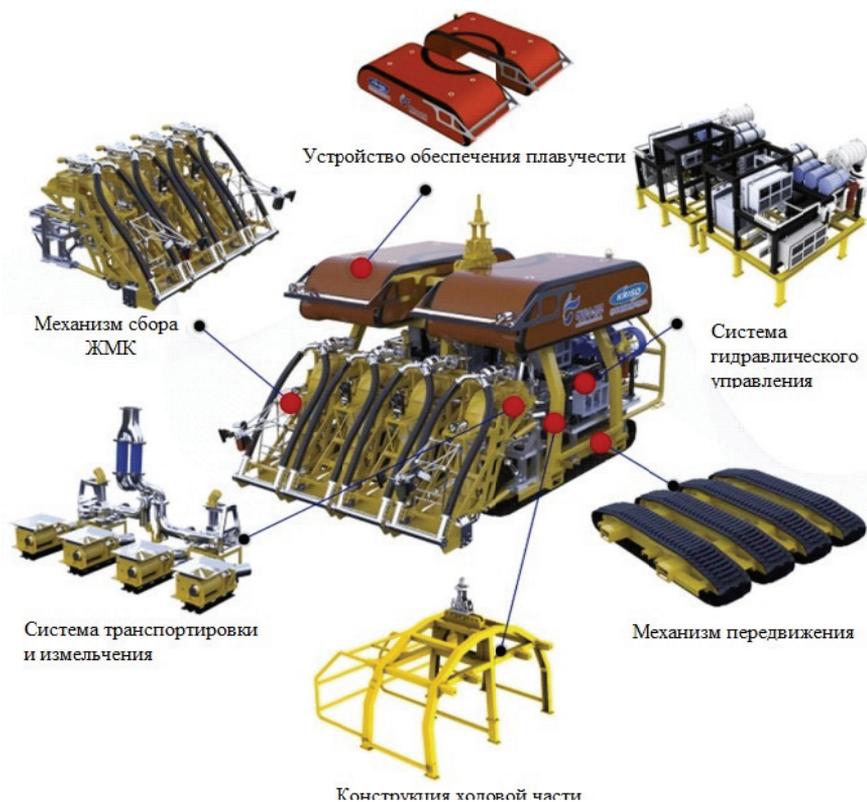


Рис. 2. Принципиальная схема глубоководной машины для сбора ЖМК

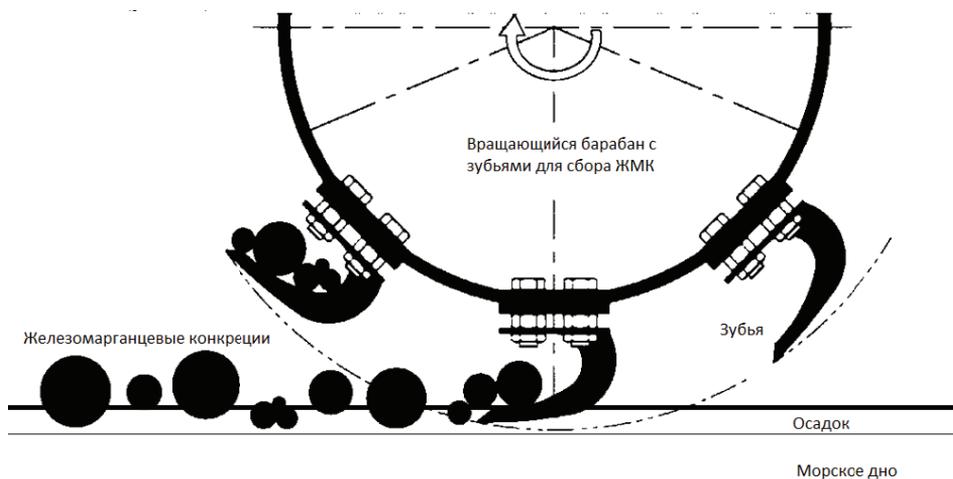
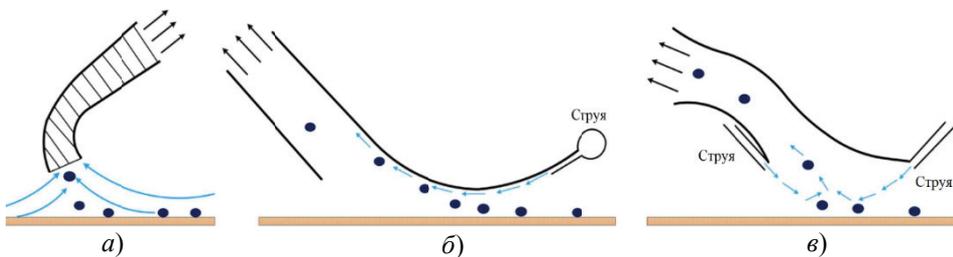


Рис. 3. Модель механического сбора, предложенная компанией Ocean Minerals Company в 1976 году

Принцип работы всасывающего вида сравним с пылесосом, использующим насос для всасывания конкреций через плоское отверстие. Далее конкреции попадают в приемный бункер для их дальнейшей транспортировки на поверхность (см. рис. 4, а).



**Рис. 4. Виды гидравлического метода сбора железомарганцевых конкреций:**  
*а* – всасывающий; *б* – настенный струйный; *в* – двухрядный струйный

Принцип действия настенного струйного вида гидравлического метода сбора основан на эффекте Коанда, при котором образуется выпуклое поверхностное поле потока с низким давлением вблизи стенки и высоким давлением вдали от нее, в результате чего конкреции разрыхляются за счет разницы давления и перемещаются к механизму сбора (см. рис. 4, *б*). В процессе работы конец устройства механизма сбора не контактирует с морским дном, а струя воды прилипает к стенке, при этом дно размывается незначительно.

На рисунке 4, *в* показан двухрядный струйный вид гидравлического метода сбора ЖМК. В данном способе используются две струи, находящиеся друг напротив друга. В процессе работы происходит размыв дна и ЖМК поднимаются к механизму сбора.

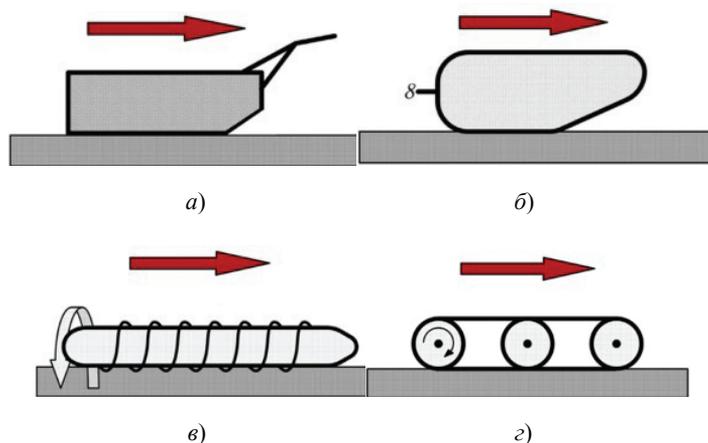
По сравнению с механическим оборудованием для сбора, гидравлическое оборудование имеет меньше движущихся частей и более простую конструкцию, менее подвержено повреждениям и с меньшей вероятностью засорится. Все это обеспечивает надежность в условиях высокого давления и мутности при добыче ЖМК.

### Механизмы передвижения

В зависимости от механизма передвижения машины для сбора ЖМК можно разделить на два типа: буксируемые (рис. 5, *а*) и самоходные (рис. 5, *б* – *з*). Испытания по глубоководной добыче ЖМК на основе буксируемых машин проведены в начале 1980-х годов. Результаты показали, что добыча ЖМК с помощью таких машин технически осуществима, несмотря на то что контролировать и собирать конкреции в соответствии с запланированными маршрутами добычи, особенно в условиях высокой степени изменчивости рельефа морского дна, нелегко. Среди недостатков также следует отметить низкую эффективность и большие потери полезного ископаемого. Буксируемые машины не получили широкого развития и применения, и их постепенно заменили машины с самоходным механизмом передвижения.

Самоходный тип передвижения в свою очередь можно разделить на следующие виды: с винтовым двигателем, с архимедовой спиралью и самоходный гусеничный.

Машина для добычи ЖМК на основе винтового двигателя напоминает подводную лодку с простой конструкцией. Однако она обладает недостаточной тягой, большим энергопотреблением и низкой эффективностью. Данный вид самоходного механизма передвижения не получил широкого применения.



**Рис. 5. Механизмы передвижения машин для сбора ЖМК:**  
*а* – буксируемый; *б* – с винтовым двигателем; *в* – архимедова спираль;  
*г* – самоходный гусеничный

Самоходная машина для сбора ЖМК, имеющая механизм передвижения на основе архимедовой спирали, была предложена компанией Ocean Minerals из США. Данная машина имеет хорошую проходимость по морскому дну и простую конструкцию. Однако у данной машины существует большая вероятность пробуксовки и трудности при поворотах, эти недостатки связаны с тем, что спиральные канавки легко забиваются осадками морского дна. Кроме того, процесс передвижения на основе архимедовой спирали вызывает значительные нарушения осадочного слоя во время процесса добычи ЖМК.

Машина для сбора ЖМК, имеющая самоходный гусеничный механизм передвижения, обладает такими преимуществами, как большое тяговое усилие, большая прочность, преодоление препятствий и высокая работоспособность. В настоящее время самоходные гусеничные машины разработаны в большинстве стран, включая Китай, Германию, Индию и Корею.

Согласно научным исследованиям особенностей свойств, характеризующих структуру осадков и поровых вод [7 – 9], донные отложения в провинции Кларион-Клиппертон Тихого океана в основном представляют собой очень мелкий силикатный ил, в котором содержится большое количество влаги. Прочность на сдвиг отложений составляет 0...10 кПа, сопротивление проникновению составляет 0...15 кПа, а сцепление составляет 0...8 кПа, с внутренним углом трения от 0° до 7°. Из-за очень малого внутреннего угла трения движение транспортных средств по донным отложениям не может полагаться на силу трения, от которой зависят наземные транспортные средства. В основном передвижение машин добычи ЖМК зависит от сопротивления сдвигу отложений. С другой стороны, глубоководные машины для добычи ЖМК весят десятки тонн и подвергаются воздействию различных внешних сил, а процесс погружения на мягкие донные отложения также весьма сложен. Поэтому проектирование машин на основе гусеничного механизма передвижения требует полного понимания и освоения сложных законов для глубоководной добычи ЖМК.

## Анализ воздействия на окружающую природную среду в результате применения машины для сбора ЖМК

Проанализировав механизмы для сбора ЖМК, отметим, что гидравлический метод сбора оказывает меньшее воздействие на донные осадочные отложения, чем механический. Механический метод сбора с большей вероятностью повредит уплотненный осадочный слой морского дна, что вызовет более масштабное образование плюма взвешенных веществ. Результаты морских испытаний [10 – 14] показали, что гидравлический метод сбора лучше приспособляется к рельефу, у него выше эффективность сбора и более надежная конструкция устройства сбора, в то время как механический метод сбора имеет меньшее потребление энергии. В целом, по сравнению с механическим методом сбора ЖМК, гидравлический более надежен и оказывает меньшее потенциальное воздействие на окружающую природную среду, но при этом потребляет больше энергии. В настоящее время не хватает достаточно данных и экспериментов для сравнительного анализа, чтобы определить все преимущества и недостатки гидравлического и механического методов сбора ЖМК.

Однако, основываясь на разработке глубоководных машин для сбора ЖМК разными странами с 2000 года, гидравлический метод сбора является более предпочтительным. Помимо Индии, которая изучала как механический метод сбора, так и гидравлический метод сбора всасывающего вида, другие страны исследовали исключительно гидравлический метод. Например, Китай изучал двухрядный струйный вид сбора; Южная Корея – двухрядный струйный и настенный струйный вид сбора; Бельгия и Голландия приняли настенный струйный вид сбора для исследования и разработки глубоководных машин для сбора ЖМК.

В результате исследования проведенных морских испытаний с использованием различных механизмов передвижения выявлены следующие значимые воздействия на окружающую природную среду:

– *разрушение среды обитания.* Передвижение машины для сбора ЖМК по морскому дну напрямую разрушает донные отложения, где обитают многие организмы, что может привести к гибели или перемещению сидячих и малоподвижных видов, таких как губки, кораллы, черви и другие;

– *поднятие плюма взвешенных частиц.* В результате передвижения машины добычи ЖМК по дну происходит значительное взмучивание донных отложений, в воду поднимается большое количество осадка, образуя облако взвеси, что может привести к забиванию фильтрационных аппаратов (жаберных щелей) у живых организмов;

– *уплотнение грунта.* Многотонные машины для сбора ЖМК могут уплотнять донные отложения, в результате чего затрудняется их восстановление и заселение организмами;

– *изменение рельефа дна.* Передвижение машин для сбора ЖМК изменит рельеф дна, создав траншеи и углубления, что повлияет на гидродинамические процессы, такие как увеличение скорости течений в траншеях, формирование вихревых зон и т.д.

Таблица 2

**Сравнение параметров воздействия на окружающую природную среду  
в зависимости от механизма передвижения по морскому дну**

Параметр	Гусеничный	Винтовой	Архимедова спираль	Буксируемый
Глубина нарушения, см	20...30	10...15	30...40	5...10
Взвешенные вещества (ВВ), кг/м <sup>2</sup>	4...6	1...2	6...8	0,5...1
Время осаждения ВВ, месяцев	8...10	2...4	10...12	1...2
Гибель бентоса, %	80...90	70...80	90...100	30...50
Восстановление, лет	20...25	15...20	25...30	5...10

В таблице 2 приведено сравнение параметров воздействия на окружающую природную среду в зависимости от механизма передвижения по морскому дну.

Наибольшее негативное воздействие на окружающую природную среду наносят гусеничные системы и архимедовы спирали, тогда как буксируемые механизмы наиболее экологичны, но имеют ограниченную эффективность добычи.

**Возможные меры по минимизации ущерба  
от глубоководной добычи ЖМК**

Проектирование и фактическая эксплуатация оборудования для глубоководной добычи должны быть направлены на минимизацию нарушения глубоководного морского дна, уменьшение образования плюма взвешенных веществ и их подавление [15 – 17].

Предлагаем рассмотреть возможность модернизации наиболее распространенного механизма передвижения машины для добычи ЖМК с помощью гусениц путем увеличения их ширины до 1...1,5 м, в результате чего снизится удельное давление на грунт до 6...12 кПа, что уменьшит глубину погружения в донные отложения с 20...30 до 15...20 см. Также стоит особое внимание уделить системам контроля глубины погружения в донные осадки. Это позволит сохранить допустимую глубину погружения в донные в условиях изменчивости рельефа морского дна.

**Заключение**

Высокая неопределенность экологических последствий глубоководной добычи ЖМК требует пересмотра подходов к ее регулированию. Необходим баланс между экономическими интересами и сохранением океана как глобального экологического ресурса. Проведенный анализ показывает, что современные технологии добычи, несмотря на предприни-

маемые меры минимизации воздействия, все еще несут существенные риски для хрупких глубоководных экосистем.

Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на разработке точных методов оценки кумулятивного воздействия, совершенствовании технологий дистанционного мониторинга и изучении долгосрочных последствий антропогенного вмешательства в глубоководные экосистемы. Это позволит перейти от концепции минимизации ущерба к созданию действительно устойчивой модели глубоководной добычи ЖМК.

#### *Список литературы*

1. Environmental Management Plan for the Clarion-Clipperton Zone (ISBA/17/LTC/7): International Seabed Authority. – URL : <https://www.isa.org.jm/protection-of-the-marine-environment/regional-environmental-management-plans/ccz/> (дата обращения: 21.04.2025).

2. План экологического обустройства для зоны Клариион-Клиппертон (ISBA/17/LTC/7) : офиц. сайт Международного органа по морскому дну. – Текст : электрон. – URL : [https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-17ltc-7\\_1\\_1.pdf](https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-17ltc-7_1_1.pdf) (дата обращения: 21.04.2025).

3. Решение Совета Международного органа по морскому дну относительно поправок к Правилам поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе и смежных вопросов от 22.07.2013 (ISBA/19/C/17). – Текст : электрон. – URL : [https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19c-17\\_1\\_1.pdf](https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19c-17_1_1.pdf) (дата обращения: 21.04.2025).

4. Решение Ассамблеи Международного органа по морскому дну относительно поправок к Правилам поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе от 25.07.2013 (ISBA/19/A/9). – Текст : электрон. – URL : [https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19a-9\\_1\\_1.pdf](https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19a-9_1_1.pdf) (дата обращения: 21.04.2025).

5. Руководящие рекомендации контракторам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе от 30.03.2020 (ISBA/25/LTC/6/Rev.1). – Текст : электрон. – URL : <https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/25ltc-6-rev1-ru.pdf> (дата обращения: 21.04.2025).

6. Technology and Equipment of Deep-Sea Mining: State of the Art and Perspectives / Qi. Zhang, X. Chen, L. Luan [et al.] // Earth Energy Science. – 2024. – doi: 10.1016/j.ees.2024.08.002

7. Гурвич, Е. Г. Глубоководные железомарганцевые конкреции: состав, генезис и проблемы освоения / Е. Г. Гурвич. – М. : Науч. мир, 2006. – 342 с.

8. Андреев, С. И. Литолого-геохимические особенности донных отложений Клариион-Клиппертон / С. И. Андреев, И. С. Грамберг // Океанология. – 1990. – Т. 30, № 4. – С. 645 – 652.

9. Юбко, В. М. Геологоразведочные работы на месторождении железомарганцевых конкреций в зоне Клариион-Клиппертон Тихого океана: история и результаты исследований / В. М. Юбко, И. Н. Пономарева, Т. И. Лыгина // Океанологические исследования. – 2023. – Т. 51, № 4. – С. 90 – 134. doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(4).5

10. Interoceanmetal Joint Organization. Benthic Impact Experiment (BIE): Technical and Environmental Results / Interoceanmetal Joint Organization. – Szczecin : IOM, 1998. – 78 p.
11. Global Sea Mineral Resources. Patania II Trials in the CCZ: Environmental Monitoring Results / Global Sea Mineral Resources. – Brussels : GSR, 2021. – 64 p.
12. Environmental Impacts of Deep-Sea Mining: A Review of Current Knowledge and Future Challenges / D. O. B. Jones, S. Kaiser, A. K. Sweetman [et al.] // *Oceanography*. – 2017. – Vol. 30, No. 4. – P. 142 – 157.
13. Understanding Mn-Nodule Distribution and Mining Impacts Using AUV Data / A. Peukert, T. Schoening, E. Alevizos [et al.] // *Biogeosciences*. – 2018. – Vol. 15, No. 8. – P. 2525 – 2549. doi: 10.5194/bg-15-2525-2018
14. China Ocean Mineral Resources Research and Development Association. Technical Specifications for Deep-Sea Tracked Vehicles / COMRA. – Qingdao : COMRA Press, 2021. – 112 p.
15. Свинцов, Н. Ю. Анализ возможного экологического воздействия при добыче железомарганцевых конкреций в рудной провинции Клариян-Клипертон Тихого океана / Н. Ю. Свинцов // *Научный аспект*. – 2023. – Т. 29, № 12. – С. 3670 – 3677.
16. Свинцов, Н. Ю. Воздействие на окружающую природную среду распространения плюма взвешенных частиц в водной толще при глубоководной добыче ЖМК в провинции Клариян-Клипертон Тихого океана / Н. Ю. Свинцов, Ю. А. Васянович // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2024. – № 8(146). doi: 10.60797/IRJ.2024.146.41. URL : <https://research-journal.org/archive/8-146-2024-august/10.60797/IRJ.2024.146.41> (дата обращения: 25.09.2024).
17. Свинцов, Н. Ю. Комплексный мониторинг окружающей природной среды при геологоразведке и глубоководной добыче железомарганцевых конкреций в провинции Клариян-Клипертон Тихого океана / Н. Ю. Свинцов, Ю. А. Васянович, П. А. Кузнецов // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2024. – № 4(94). – С. 30 – 40. doi: 10.17277/voprosy.2024.04.pp.030-040

### *References*

1. Environmental Management Plan for the Clarion-Clipperton Zone (ISBA/17/LTC/7): International Seabed Authority, available at: <https://www.isa.org.jm/protection-of-the-marine-environment/regional-environmental-management-plans/ccz/> (accessed 21 April 2025).
2. Available at: [https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-17ltc-7\\_1\\_1.pdf](https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-17ltc-7_1_1.pdf) (accessed 21 April 2025).
3. Decision of the Council of the International Seabed Authority concerning amendments to the Regulations on Prospecting and Exploration for Polymetallic Nodules in the Area and Related Matters of 22.07.2013 (ISBA/19/C/17), available at: [https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19c-17\\_1\\_1.pdf](https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19c-17_1_1.pdf) (accessed 21 April 2025).
4. Decision of the Assembly of the International Seabed Authority regarding amendments to the Regulations on Prospecting and Exploration for Polymetallic Nodules in the Area dated 25.07.2013 (ISBA/19/A/9), available at: [https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19a-9\\_1\\_1.pdf](https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/isba-19a-9_1_1.pdf) (accessed 21 April 2025).

5. Guidance to contractors on assessing the potential environmental impacts of exploration for marine minerals in the Area dated 30.03.2020 (ISBA/25/LTC/6/Rev.1), available at: <https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2022/06/25ltc-6-rev1-ru.pdf> (accessed 04 April 2025).
6. Zhang Qi., Chen X., Luan L. [et al.] Technology and equipment of deep-sea mining: State of the art and perspectives, *Earth Energy Science*, 2024, doi: 10.1016/j.ees.2024.08.002
7. Gurvich E.G. *Glubokovodnyye zhelezomargantsevyye konkretsii: sostav, genezis i problemy osvoyeniya* [Deep-sea ferromanganese concretions: composition, genesis and development problems], Moscow: Nauch. mir, 2006, 342 p. (In Russ.)
8. Andreev S.I., Gramberg I.S. [Lithological and geochemical features of the Clarion-Clipperton bottom sediments], *Okeanologiya* [Oceanology], 1990, vol. 30, no. 4, pp. 645-652 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Yubko V.M., Ponomareva I.N., Lygina T.I. [Geological exploration work at the deposit of ferromanganese concretions in the Clarion-Clipperton zone of the Pacific Ocean: history and results of research], *Okeanologicheskie issledovaniya* [Oceanological research], 2023, vol. 51, no. 4, pp. 90-134. doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(4).5
10. *Interoceanmetal Joint Organization. Benthic Impact Experiment (BIE): Technical and Environmental Results*, Interoceanmetal Joint Organization, Szczecin: IOM, 1998, 78 p. (IOM Technical Report ; No. 3).
11. *Global Sea Mineral Resources. Patania II Trials in the CCZ: Environmental Monitoring Results*, Global Sea Mineral Resources, Brussels: GSR, 2021, 64 p.
12. Jones D.O.B., Kaiser S., Sweetman A.K. [et al.], Environmental Impacts of Deep-Sea Mining: A Review of Current Knowledge and Future Challenges, *Oceanography*, 2017, vol. 30, no. 4, pp. 142-157.
13. Peukert A., Schoening T., Alevizos E. [et al.], Understanding Mn-Nodule Distribution and Mining Impacts Using AUV Data, *Biogeosciences*, 2018, vol. 15, no. 8, pp. 2525-2549. doi: 10.5194/bg-15-2525-2018
14. *China Ocean Mineral Resources Research and Development Association. Technical Specifications for Deep-Sea Tracked Vehicles*, COMRA, Qingdao: COMRA Press, 2021, 112 p.
15. Svintsov N.Yu. [Analysis of the possible environmental impact during the extraction of ferromanganese nodules in the Clarion-Clipperton ore province of the Pacific Ocean], *Nauchnyy aspekt* [Scientific aspect], 2023, vol. 29, no. 12, pp. 3670-3677. (In Russ., abstract in Eng.)
16. Svintsov N.Yu., Vasyanovich Yu.A. [Impact on the environment of the spread of a plume of suspended particles in the water column during deep-sea mining of iron ore in the Clarion-Clipperton province of the Pacific Ocean], *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International research journal], 2024, no. 8(146), doi: 10.60797/IRJ.2024.146.41, available at: <https://research-journal.org/archive/8-146-2024-august/10.60797/IRJ.2024.146.41> (accessed 25 April 2024).
17. Svintsov N.Yu., Vasyanovich Yu.A., Kuznetsov P.A. [Integrated monitoring of the environment during geological exploration and deep-sea mining of ferromanganese nodules in the Clarion-Clipperton Province of the Pacific Ocean], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2024, no. 4(94), pp. 30-40. doi: 10.17277/voprosy.2024.04.pp.030-040

## **The Analysis of Negative Consequences of Using Deep-Sea Mining Machines in the Pacific Ocean**

**N. Yu. Svintsov, Yu. A. Vasyanovich**

*Vladivostok State University, Vladivostok, Russia*

**Keywords:** analysis of environmental impact; deep-sea mining machine for iron-manganese nodules; mining of solid minerals in the ocean; marine ecosystems; spread of suspended matter plume.

**Abstract:** The environmental impact of machines used for deep-sea mining of iron-manganese nodules (IMN) in the Clarion-Clipperton Province of the Pacific Ocean is analyzed. The main types of impact on the marine environment are considered, including mechanical destruction of bottom sediments, formation of a suspended matter plume and disruption of the structure of benthic communities. A comparative assessment of various mining machine movement mechanisms (tracked, screw, towed and based on the Archimedean spiral) and methods of collecting ferrometallurgical metal (mechanical, hydraulic) was carried out. Measures for minimizing damage during deep-sea ferrometallurgical metal mining were proposed.

---

© Н. Ю. Свинцов, Ю. А. Васянович, 2025

## СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ СВЯЗИ С УЧЕТОМ ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова,  
С. В. Брылина, Е. И. Галайда, Н. С. Мех

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
Владивосток, Россия*

**Ключевые слова:** базовая станция; контроль электромагнитного излучения; предельно допустимые уровни излучения; сотовые сети; электромагнитная безопасность; электромагнитная экология; электромагнитное поле.

**Аннотация:** Проведено исследование существующей системы электромагнитного мониторинга в целях повышения электромагнитной безопасности территорий, на которых располагаются передающие радиотехнические объекты телекоммуникационных сетей. Представлены рекомендации по модернизации существующей системы электромагнитного мониторинга и эксплуатации базовых станций. Выявлены недостатки действующей системы мониторинга и контроля электромагнитной обстановки и предложены пути их решения.

### Введение

Электромагнитное излучение (ЭМИ) сопутствует человеку во многих сферах его жизнедеятельности. Поэтому актуальность вопроса об обеспечении электромагнитной безопасности человека занимает важное место в электромагнитной экологии [1 – 4].

Общее количество базовых станций в стране составляет сотни тысяч объектов. По своей функциональной задаче системы сотовой связи стремятся создать однородное электромагнитное поле (ЭМП) с интенсивностью, необходимой для устойчивого функционирования на всей обслужи-

---

Стаценко Любовь Григорьевна – доктор физико-математических наук, профессор департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения, e-mail: statsenko.lg@dvfu.ru; Смирнова Мария Михайловна – старший преподаватель департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения; Брылина Светлана Владимировна – ассистент департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения; Галайда Екатерина Игоревна – ассистент департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения; Мех Наталья Сергеевна – магистрант, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

ваемой территории. Постоянным увеличением территорий, покрытых сетями сотовой связи, объясняется рост количества базовых станций.

Базовые станции (БС) и абонентские терминалы современных систем связи являются источниками ЭМИ, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье человека и экосистему. В связи с этим изучение вопросов электромагнитной безопасности, разработка мер по ее обеспечению и мониторинг электромагнитной обстановки становятся актуальными задачами, решение которых необходимо для обеспечения устойчивого развития и безопасности связи в будущем.

Приморский край – один из ключевых регионов Дальнего Востока. Распределение БС по операторам связи в Приморском крае зависит от активности операторов, плотности населения и экономической целесообразности. Крупные операторы, такие как МТС, МегаФон, Билайн и Tele2, активно развивают свои сети в регионе, но их количество варьируется в зависимости от локации. Приведем общие данные и тенденции распределения базовых станций по операторам:

– МТС: ~30 – 35 % базовых станций. Оператор активно развивает сети в крупных городах (Владивосток, Находка, Уссурийск) и вдоль основных транспортных магистралей;

– МегаФон: ~25 – 30 %. Оператор делает акцент на улучшении покрытия 4G в пригородах и туристических зонах;

– Билайн: ~20 – 25 %, активно развивает сети в городах и поселках, но в отдаленных районах его присутствие ограничено;

– Tele2: ~15 – 20 %. Оператор активно расширяет свое присутствие, особенно в рамках совместных проектов с другими операторами (например, роуминг по сети) [5].

В крупных городах (Владивосток, Находка) все операторы имеют развитую сеть базовых станций, однако в отдаленных районах (север и запад края) преобладают базовые станции МТС и МегаФон, так как эти операторы активно участвуют в государственных программах по устранению «цифрового неравенства».

*Цель исследования* – оценка существующей системы контроля объектов связи, выявление ее недостатков и обоснование необходимости создания единой системы контроля объектов связи с учетом временной и пространственной динамики электромагнитных полей.

### **Законодательная база экологического мониторинга электромагнитных полей**

Основными законодательными документами, обеспечивающими безопасность среды обитания для жизни и охрану труда в РФ, являются Конституция РФ и Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. Основными документами, нормирующими санитарные условия труда и быта, являются санитарные правила и нормы (СанПиН), вводимые и утверждаемые Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (преемник Государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации) [6].

В основе санитарной регламентации лежат исследования по гигиене труда и быта, в ходе которых изучаются характер технологических процессов, производственного оборудования и рабочих операций, условия и характер труда, состояние здоровья и заболеваемость с временной утратой работоспособности отдельных профессиональных групп. Исследования проводятся, как правило, комплексно силами ряда специалистов: гигиенистов, профпатологов, химиков, инженеров по вентиляции, светотехников, инженеров-технологов и пр.

На территории России передающие радиотехнические объекты (базовые станции, станции радиовещания, телевидения, радиолокации, объекты радиосвязи), функционирующие в различных диапазонах частот, должны соответствовать действующим санитарным нормам. Такое требование связано с неблагоприятным воздействием электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона на организм человека и призвано предотвратить его воздействие.

Для защиты населения от неблагоприятного воздействия ЭМИ сотовой связи существуют СанПиНы [7, 8] и методические указания [9], 4.3.1677–03, 4.3.1167–02. Также установлен предельно допустимый уровень ЭМИ, равный  $10 \text{ мкВт/см}^2$ . Для выполнения требований санитарных правил и норм при размещении базовых станций сотовой связи необходима разработка «Санитарного паспорта радиотехнического объекта», который представляется в надзорные органы.

Расчет передающих радиотехнических объектов (ПРТО) является достаточно сложной процедурой и выполняется организацией, имеющей лицензию от Роспотребнадзора на работу с источниками ионизирующего излучения. В процессе работы специалисты проводят санитарно-эпидемиологическую экспертизу, определяют уровень ЭМП, создаваемых ПРТО, рассчитывают санитарно-защитные зоны и зоны ограничения застройки. В результате на объект выдается санитарно-эпидемиологическое заключение, на основании которого возможна его дальнейшая эксплуатация.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на эксплуатацию ПРТО – документ, дающий владельцу радиоэлектронного средства (РЭС) право на его эксплуатацию, выданный органом, осуществляющим санитарно-эпидемиологический надзор, с указанием адреса установки, типов и параметров РЭС. Если на объекте предполагается размещение нескольких передатчиков, то заключение выдается на ПРТО владельца РЭС без учета ПРТО, принадлежащих другим операторам [9].

На основании полученных данных можно определить, возможна ли установка того или иного ПРТО в определенном месте. После определения необходимых показателей оборудования происходит его монтаж на радиотехническом объекте. Затем проводят контрольные замеры излучения уже установленного оборудования, и только после этого объект может получить согласование на эксплуатацию ПРТО.

Одна из важнейших проблем электромагнитной экологии – точное прогнозирование электромагнитной обстановки вокруг излучающих объектов. Оно должно проводиться на стадиях проектирования, строительства

или реконструкции излучающих объектов. Прогнозирование позволяет оценить электромагнитную обстановку с точки зрения выполнения действующих нормативов и наметить комплекс мероприятий организационного и градостроительного характера.

Правильный прогноз оценивает перспективы развития объектов телекоммуникаций и обосновывает ресурс энергетического потенциала технических средств с точки зрения электромагнитной безопасности, что позволяет проводить оптимизацию размещения антенных устройств.

Для расчета используется специальное программное обеспечение:

1. Программный комплекс анализа электромагнитной обстановки ПК АЭМО, разработанный специалистами ФГУП «СОНИИР совместно с ЗАО «СМАРТС», Самара, 2010 г.;

2. Программный комплекс SanZone – расчет санитарно-защитных зон, Новосибирск, 2004 г.;

3. Компьютерное моделирование с помощью прочих приложений.

В основу расчета напряженности электрической составляющей электромагнитного поля передатчика базовой станции (БС) положена формула Б. А. Введенского [10], учитывающая параметры БС, расстояние от антенны до расчетной точки. Определяется условие допустимой суммарной напряженности поля на границе опасной для населения зоны. Кроме того, важная составляющая – ситуационные карты, позволяющие отследить зоны ограничения застройки и санитарно-защитные зоны.

Порядок получения документов оператором сотовой связи после получения разрешения на размещение следующий:

1. Управление Роспотребнадзора по результатам рассмотрения проектной документации выдает санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии или несоответствии проектной документации требованиям санитарных правил и норм на размещение ПРТО. Все выданные управлением санитарно-эпидемиологические заключения на проектную документацию по размещению ПРТО опубликованы в едином реестре Роспотребнадзора.

2. В соответствии с требованиями санитарного законодательства, до начала эксплуатации базовой станции оператор сотовой связи повторно согласовывает ввод БС в эксплуатацию. При этом аккредитованными лабораториями проводятся измерения фактической интенсивности электромагнитных полей в зоне влияния БС. И только в случае подтверждения безопасных уровней воздействия объекта на среду обитания и здоровье человека дается разрешение на эксплуатацию (письмо о согласовании ввода в эксплуатацию ПРТО).

Управлением Роспотребнадзора и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» проводится работа по контролю (надзору) за электромагнитными излучениями в местах размещения БС сотовой связи. Несмотря на то что представленный процесс установки БС имеет определенную структуру и направлен на исключение возможности установки оборудования, несоответствующего принятым нормам и стандартам, он все же имеет ряд недостатков.

В последние годы с появлением сетей 5G встал вопрос о пересмотре существующих нормативных документов [11 – 14]. В ходе работ по прогнозированию электромагнитной обстановки опираются на методические указания 4.3.1167–02 и 4.3.1677–03. С одной стороны, данные указания дополняют друг друга в части области применения, но с другой – имеют расхождения, а иногда даже противоречия. Так, выбор трасс проведения измерений в методических указаниях 4.3.1167–02 регламентирует проведение измерений через определенные расстояния, а в 4.3.1677–03 выбор точек измерений на трассах возлагается на лицо, проводящее измерения.

Также методические указания 4.3.1167–02 обязывают проводить измерения на высоте до 2,0 м от поверхности, а 4.3.1677–03 – от 0,5 до 2,0 м от уровня подстилающей поверхности. Соответственно, требования методических документов противоречат друг другу [6].

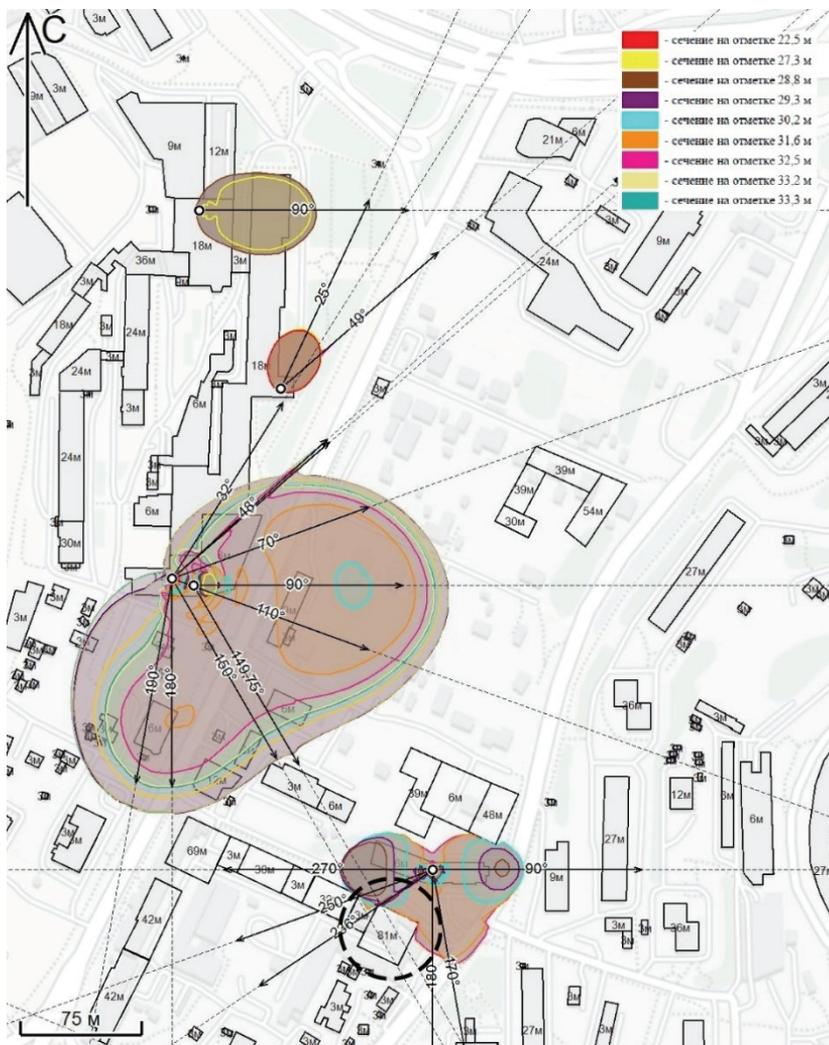
Анализ методических документов дает основание сделать заключение о том, что одновременное проведение измерений электромагнитного излучения от БС сотовой связи и от РРС невозможно, поскольку при этом нарушаются методики проведения измерений. Кроме расхождений методических указаний, которые ведут к неточности проводимых исследований на этапе прогнозирования, существенным недостатком является то, что не учитывается рельеф местности и условия застройки.

От ландшафта зависит способ застройки в городах. Так, во Владивостоке – хаотичная плотная застройка. Высотные здания располагаются рядом с одноэтажными строениями. Все это ведет к тому, что при проектировании БС следует учесть, где именно находится БС, что ее окружает и на каком уровне относительно нее располагаются объекты застройки.

Также продолжается активное строительство новых жилых и административных зданий, при этом не учитывается, что в районе стройки уже располагается какая-то БС. Но кто тогда ответственен за влияние ЭМИ от данного ПРТО на новое строение? Сейчас данное обстоятельство не учитывается ни в одном нормативном документе [15].

В качестве примера представлены результаты расчета прогнозируемых зон ограничения застройки во Владивостоке при реновации микрорайона «Голубиная падь». На данный момент на этапе возведения находятся несколько многоквартирных домов и других объектов строительства. С помощью программы SanZone и имеющихся в общем доступе санитарно-эпидемиологических заключений на эксплуатацию действующих ПРТО спрогнозирована электромагнитная обстановка при полном завершении строящихся объектов. На рисунке 1 изображены горизонтальные сечения зон ограничения застройки на разных высотах над уровнем моря. Прослеживается предполагаемое в будущем нарушение (превышение установленных предельно допустимых уровней излучения), отмеченное пунктиром. Это говорит о том, что необходим механизм регулирования, который бы учитывал существующую электромагнитную обстановку при строительстве новых объектов.

Существенный недостаток системы – множество организаций, которые выдают санитарные паспорта. Примеры превышения ПДУ у уже существующего и введенного в эксплуатацию ПРТО доказывают то, что процедура получения санпаспорта на объект выполнена с нарушениями [16].



В среднем крупный оператор подает 50 – 150 заявок в год на регион (для Приморья с его плотностью населения и рельефом – ближе к верхней границе). Общее число заявок по всем операторам: 200 – 600 в год, с учетом новых вышек (особенно в преддверии ВЭФ и других крупных событий) и замены оборудования.

В Приморском крае санитарные паспорта на строительство БС выдает только Роспотребнадзор (его территориальные управления). Однако в данном процессе участвуют и другие организации, проводящие экспертизы и замеры:

1. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае»: проводит замеры ЭМИ после монтажа БС; выдает протоколы для Роспотребнадзора.

2. Аккредитованные лаборатории делают расчеты и замеры.

В Приморском крае существуют государственные и частные аккредитованные лаборатории.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о необходимости создания единого органа по контролю объектов связи с учетом временной и пространственной динамики ЭМП, который позволит обеспечить общий мониторинг электромагнитной обстановки и в дальнейшем избежать ошибок при проведении прогнозирования электромагнитной обстановки, санитарно-эпидемиологической экспертизы.

Вопросам модернизации системы гигиенической оценки ЭМП, создаваемых базовыми станциями сотовой связи в РФ, посвящено большое количество публикаций [17 – 19].

Единая система контроля объектов связи позволит решить следующее:

– внедрить селективные методы оценки ЭМП от базовых станций действующих и перспективных поколений;

– внедрить подход экстраполяции результатов селективных измерений для оценки теоретического максимального уровня экспозиции ЭМП;

– разработать методы мониторинга фактической мощности излучения БС с помощью контролеров сети, систем поддержки эксплуатации сети и т.п.;

– разработать подход определения фактических максимальных уровней экспозиции на основе статистических исследований распределения передаваемой мощности при эксплуатации базовых станций в реальных условиях;

– разработать регулирующие документы по обеспечению взаимодействия органов санитарно-эпидемиологической службы и владельцев/операторов БС в рамках контроля ЭМП.

В связи с вышеизложенным, требуется доработка существующих методических указаний и внесение изменений в них.

### **Заключение**

Активное развитие беспроводных сетей связи приводит к увеличению числа мобильных терминалов и базовых станций, что делает необходимым более детальное рассмотрение такого фактора загрязнения окружающей среды, как электромагнитное излучение. Важным аспектом контроля элек-

тромагнитной обстановки является правильная установка самих базовых станций с учетом всех санитарных правил и норм.

Для этого предложено создание единого органа по мониторингу объектов связи с учетом временной и пространственной динамики электромагнитных полей. В связи с чем рекомендуется пересмотр существующей структуры гигиенической оценки электромагнитного поля и передача полномочий по выдаче санитарных паспортов единому органу, что поможет усовершенствовать систему мониторинга электромагнитной обстановки и контроля электромагнитного загрязнения.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности по проекту №FZNS-2023-0008/.*

#### *Список литературы*

1. Стаценко, Л. Г. Оценка электромагнитного загрязнения при модернизации сотовых сетей связи города Владивостока / Л. Г. Стаценко, А. А. Бахвалова. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2021. – № 4(82). – С. 39 – 47. doi: 10.17277/voprosy.2021.04.pp.039-047
2. Стаценко, Л. Г. Электромагнитный фон на территории кампуса ДВФУ на о. Русский: инструментальные измерения / Л. Г. Стаценко, А. А. Бахвалова, И. Д. Жмакина // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2021. – № 3(48). – С. 124 – 132. doi: 10.24866/2227-6858/2021-3-14
3. Снижение негативного воздействия электромагнитного излучения в сетях 5G / Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, С. В. Брылина, Н. Б. Цыренова // Вестник МАНЭБ. – 2023. – Т. 28, № 3. – С. 50 – 52.
4. Стаценко, Л. Г. Экологическая безопасность базовых станций и абонентских терминалов современных систем связи / Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, Н. Б. Цыренова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2024. – № 1(91). – С. 35 – 43. doi: 10.17277/voprosy.2024.01.pp.035-043
5. Стаценко, Л. Г. Электромагнитное излучение цифровых систем связи: обзор, проблемы и перспективы / Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, Н. Б. Цыренова // Безопасность жизнедеятельности. – 2024. – № 4(280). – С. 30 – 41.
6. Жмакина, И. Д. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями / И. Д. Жмакина, Л. Г. Стаценко // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2021. – № 3(16). – С. 65 – 70.
7. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. – Текст : электрон. – URL : <https://base.garant.ru/4179040/> (дата обращения: 05.06.2025)
8. СанПиН 2.2.4.1383–03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.– Текст : электрон. – URL : <https://base.garant.ru/12131290/> (дата обращения: 05.06.2025)
9. Методические указания 4.3.2320–08 «Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты».– Текст: электрон. – URL : <https://base.garant.ru/4186630/> (дата обращения: 05.06.2025)
10. Андреев, Ю. В. Эффект «волновода» при распространении сверхширокополосных сигналов в помещении / Ю. В. Андреев, М. М. Петросян // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. – 2022. – Т. 5, № 3. – С. 304 – 317. doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.22

11. Мордачев, В. И. Электромагнитная безопасность систем мобильной связи 4G/5G / В. И. Мордачев, А. С. Свистунов, Е. В. Синькевич // Доклады БГУИР. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 80 – 91. doi: 10.35596/1729-7648-2024-22-2-80-91
12. Сизов, Д. В. Оценка влияния электромагнитных полей сетей 5G на человека / Д. В. Сизов, Д. Ю. Панкратов. // Телекоммуникации и информационные технологии. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 13 – 20.
13. Research on Electromagnetic Radiation Safety Assessment of Co-construction and Sharing 5G Network / L. Senwen, W. Zhizhong, W. Huagang, C. Shaochuan // 2022 6th International Conference on Communication and Information Systems (ICCIS), Chongqing, China. – 2022. – P. 27 – 34. doi: 10.1109/ICCIS56375.2022.9998130
14. Srivastava, A. Energy Efficient Transmission Trends Towards Future Green Cognitive Radionetworks (5G): Progress, Taxonomy and Open Challenges / A. Srivastava, M. S. Gupta, G. Kaur // Journal of Network and Computer Applications. – 2020. – Vol. 168, No.1. – Art. 102760. doi: 10.1016/j.jnca.2020.102760
15. Моделирование процессов электромагнитного взаимодействия распределенных объектов системы сотовой связи / И. С. Киреев, И. В. Зубарев, В. Л. Бурковский, Е. В. Кошечев // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 96 – 100. doi: 10.36622/VSTU.2022.18.4.014
16. Выбор точек контроля электромагнитных полей радиочастотного диапазона / О. А. Молок, Т. С. Уланова, А. Л. Пономарев, А. А. Одегов // Анализ риска здоровью – 2022. Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения : сб. трудов конф.: в 2 томах, Пермь, 18–20 мая 2022 г. – Пермь, 2022. – Т. 1. – С. 373 – 376.
17. Орешина, М. Н. Исследование воздействия электромагнитных излучений на организм человека / М. Н. Орешина, Е. Ю. Савенко // Известия Тул. гос. ун-та. Технические науки. – 2021. – № 3. – С. 342 – 347. doi: 10.24412/2071-6168-2021-3-342-347
18. Radiofrequency electromagnetic field (RE-EMF) exposure levels from mobile and portable devices during different conditions of use. T-REC-K.Sup13-202112. ITU. – 2021. – P. 3 – 7. – URL : [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-K.Sup13-202112-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-K.Sup13-202112-I!!PDF-E&type=items) (дата обращения: 05.06.2025).
19. Kljajic, D. Comparative analysis of EMF monitoring campaigns in the campus area of the University of Novi Sad / D. Kljajic, N. Djuric // Environmental Science and Pollution Research International. – 2020. – Vol. 27, No. 13. – P. 14735-14750. doi: 10.1007/s11356-020-08008-8

### References

1. Statsenko L.G., Bakhvalova A.A. [Assessment of electromagnetic pollution during the modernization of cellular communication networks in the city of Vladivostok], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2021, no. 4(82), pp. 39-47. doi: 10.17277/voprosy.2021.04.pp.039-047 (In Russ., abstract in Eng.)
2. Statsenko L.G., Bakhvalova A.A., Zhmakina I.D. [Electromagnetic background on the territory of the FEFU campus on Russky Island: instrumental measurements], *Vestnik Inzhenernoy shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta* [Bulletin of the Engineering School of Far Eastern Federal University], 2021, no. 3(48), pp. 124-132. doi: 10.24866/2227-6858/2021-3-14 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Statsenko L.G., Smirnova M.M., Brylina S.V., Tsyrenova N.B. [Reducing the negative impact of electromagnetic radiation in 5G networks], *Vestnik MANEB* [Bulletin of MANEB.], 2023, vol. 28, no. 3, pp. 50-52. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Statsenko L.G., Smirnova M.M., Tsyrenova N.B. [Environmental safety of base stations and subscriber terminals of modern communication systems], *Voprosy*

*sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2024, no. 1(91), pp. 35-43. doi: 10.17277/voprosy.2024.01. pp.035-043 (In Russ., abstract in Eng.)

5. Statsenko L.G., Smirnova M.M., Tsyrenova N.B. [Electromagnetic radiation of digital communication systems: review, problems and prospects], *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety], 2024, no. 4(280), pp. 30-41. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Zhmakina I.D., Statsenko L.G. [Assessment of the level of electromagnetic background generated by base stations], *Informatsionnyye tekhnologii. Problemy i resheniya* [Information technologies. Problems and solutions], 2021, no. 3(16), pp. 65-70. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Available at: <https://base.garant.ru/4179040/> (accessed 05 June 2025).

8. Available at: <https://base.garant.ru/12131290/> (accessed 05 June 2025).

9. Available at: <https://base.garant.ru/4186630/> (accessed 05 June 2025).

10. Andreyev Yu.V., Petrosyan M.M. [“Waveguide” effect in the propagation of ultra-wideband signals indoors], *Infokommunikatsionnyye i radioelektronnyye tekhnologii* [Infocommunication and radioelectronic technologies.], 2022, vol. 5, no. 3, pp. 304-317. doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.22 (In Russ., abstract in Eng.)

11. Mordachev V.I., Svistunov A.S., Sin'kevich Ye.V. [Electromagnetic security of 4G/5G mobile communication systems], *Doklady BGUIR* [BSUIR Reports], 2024, vol. 22, no. 2, pp. 80-91. doi: 10.35596/1729-7648-2024-22-2-80-91 (In Russ., abstract in Eng.)

12. Sizov D.V., Pankratov D.Yu. [Assessment of the influence of electromagnetic fields of 5G networks on humans], *Telekommunikatsii i informatsionnyye tekhnologii* [Telecommunications and information technologies], 2021, vol. 8, no. 1, pp. 13-20. (In Russ., abstract in Eng.)

13. Senwen L., Zhizhong W., Huagang W., Shaochuan C. Research on Electromagnetic Radiation Safety Assessment of Co-construction and Sharing 5G Network, *2022 6th International Conference on Communication and Information Systems (ICCIS)*, Chongqing, China, 2022, pp. 27-34, doi: 10.1109/ICCIS56375.2022.9998130

14. Srivastava A., Gupta M.S., Kaur G. Energy Efficient Transmission Trends Towards Future Green Cognitive Radio Networks (5G): Progress, Taxonomy and Open Challenges, *Journal of Network and Computer Applications*, 2020, vol. 168, no. 1, art. 102760. doi: 10.1016/j.jnca.2020.102760

15. Kireev I.S., Zubarev I.V., Burkovskij V.L., Koshheev E.V. [Modeling of processes of electromagnetic interaction of distributed objects of the cellular communication system], *Vestnik VGTU* [Bulletin of Voronezh. State Tech. Univ.], 2022, no. 4, pp. 96-100. (In Russ., abstract in Eng.)

16. Molok O.A., Ulanova T.S., Ponomarev A.L., Odegov A.A. [Selection of control points for electromagnetic fields of the radio frequency range], *Analiz riska zdorov'yu* [Health risk analysis – 2022. Fundamental and applied aspects of ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population: collection. conf. proceedings: in 2 volumes, Perm, May 18–20, 2022], Perm, 2022, pp. 373-376. (In Russ., abstract in Eng.)

17. Oreshina M.N., Savenko E.Yu. [Study of the impact of electromagnetic radiation on the human body], *Izvestiya TulGU. Texnicheskie nauki* [Bulletin of Tul. State University. Technical Sciences], 2021, no. 3, pp. 342-347. (In Russ., abstract in Eng.)

18. Radiofrequency electromagnetic field (RE-EMF) exposure levels from mobile and portable devices during different conditions of use. T-REC-K.Sup13-202112. ITU. –

2021, pp. 3-7, available at: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-K.Sup13-202112-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-K.Sup13-202112-I!!PDF-E&type=items) (accessed 05 June 2025).

19. Kljajic D., Djuric N. Comparative analysis of EMF monitoring campaigns in the campus area of the University of Novi Sad, *Environmental Science and Pollution Research International*, 2020, vol. 27, no. 13, pp. 14735-14750. doi: 10.1007/s11356-020-08008-8

---

## **Creation of a Unified System for Monitoring Communication Objects on the Basis of Temporal and Spatial Dynamics of Electromagnetic Fields**

**L. G. Statsenko, M. M. Smirnova,  
S. V. Brylina, E. I. Galaida, N. S. Mekh**

*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

**Keywords:** base station; electromagnetic radiation monitoring; maximum permissible radiation levels; cellular networks; electromagnetic safety; electromagnetic ecology; electromagnetic field.

**Abstract:** The existing electromagnetic monitoring system has been studied in order to improve the electromagnetic safety of territories where transmitting radio engineering objects of telecommunication networks are located. Recommendations for upgrading the existing electromagnetic monitoring system and operating base stations are presented. The shortcomings of the current system of monitoring and control of the electromagnetic environment are identified and ways to solve them are proposed.

---

© Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова,  
С. В. Брылина, Е. И. Галайда, Н. С. Мех, 2025

УДК 332.1

DOI: 10.17277/voprosy.2025.03.pp.086-094

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ**

**Е. В. Быковская, Н. В. Сахарова**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия; ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, Россия*

**Ключевые слова:** инновации и технологии; инновационные подходы; инновационные удобрения; производство минеральных удобрений; региональное развитие; цифровая трансформация.

**Аннотация:** Представлена тема нового вектора развития предприятий по производству минеральных удобрений с учетом инновационных технологий. Особое внимание уделено решениям, связанным с инновационными подходами предприятий по производству минеральных удобрений. Проведен анализ инновационных подходов к развитию предприятий, занимающихся производством минеральных удобрений, в условиях цифровизации. Рассмотрены ключевые тенденции и технологии, формирующие современный рынок удобрений, а также их влияние на эффективность производственных процессов. Представлены примеры успешных внедрений инновационных технологий, таких как биостимуляторы на основе органических компонентов, создание удобрений с высокой биодоступностью, инновационные удобрения с включением микроорганизмов и др. Основное внимание уделено тому, как инновационные подходы могут способствовать устойчивому развитию предприятий, повышению их конкурентоспособности и оптимизации ресурсопользования.

---

Быковская Елена Викторовна – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Менеджмент», e-mail: elenafafa@yandex.ru, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия; Сахарова Наталия Васильевна – старший преподаватель кафедры экономики и управления, ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, Россия.

## **Введение**

Минеральные удобрения играют ключевую роль в системе сельского хозяйства, способствуя увеличению урожайности и улучшению качества продукции. Новые технологии, такие как использование минералов с высокой степенью очистки, разработки в области микробиологии и нанотехнологий, открывают перспективы для улучшения качества удобрений и уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду. В то же время для успешной реализации инновационных проектов необходимо учитывать как текущие экономические и политические реалии, так и сложные условия развития в настоящее время, а также общую специфику российского рынка.

### **Инновации и технологии как новый вектор развития предприятий по производству минеральных удобрений**

В современных условиях аграрной экономики инновации и новые технологии становятся ключевыми драйверами успешного развития предприятий, занимающихся производством минеральных удобрений. Рост населения и увеличение потребности в продовольствии требуют внедрения эффективных агрономических решений, что в свою очередь диктует необходимость обновления существующих производственных процессов.

Применение технологий, направленных на повышение эффективности использования фосфора, таких как создание микроудобрений и биостимуляторов на основе фосфора, позволяет существенно снизить его потери и увеличить доступность для растений. Например, внедрение нанотехнологий позволяет добиться более равномерного распределения питательных веществ в почве, что позитивно сказывается на урожайности.

Кроме того, инновации в области обработки сырья и производства удобрений, такие как использование высокотемпературной и высоконапорной обработки, позволяют получать конечные продукты с улучшенными агрономическими свойствами. Важно также отметить, что становление устойчивого сельского хозяйства требует от производителей минеральных удобрений перехода к «зеленым» технологиям. Например, разработка технологий утилизации фосфорных отходов из различных отраслей может обеспечить более рациональное использование ресурсов и снизить экологическую нагрузку. Направление цифровой трансформации в данной отрасли позволяет в режиме реального времени отслеживать и контролировать все этапы производства, от входного контроля сырья до выпуска готовой продукции. Использование датчиков, аналитики больших данных и предиктивной аналитики дает возможность выявлять и предупреждать возможные нарушения, оптимизировать загрузку оборудования и энергопотребление.

### **Современные тренды инновационных технологий в отрасли минеральных удобрений**

Химическая промышленность, являясь одной из ключевых отраслей экономики, активно внедряет инновационные технологии, способствующие повышению эффективности производства, снижению экологической

нагрузки и улучшению качества продукции. Одной из самых значительных тенденций последних десятилетий является использование цифровых технологий и искусственного интеллекта для оптимизации процессов. Системы автоматизации, включая робототехнику и интернет вещей (IoT), значительно упрощают мониторинг и управление производственными процессами, что позволяет минимизировать количество ошибок и повысить производительность [1].

Также важным направлением является применение технологий «зеленой химии». Данная концепция направлена на создание процессов и продуктов, которые минимизируют использование вредных веществ и уменьшают образование отходов. Нанотехнологии, синтезируемые с использованием экологически чистых методов, играют ключевую роль в разработке новых материалов с уникальными свойствами, что открывает новые возможности для применения их в различных областях [2].

Российская ассоциация производителей удобрений (РАПУ) представляет собой объединение, которое включает в себя предприятия, занимающиеся производством минеральных удобрений в России. Ассоциация функционирует в 23 регионах, где активно развиваются химическая промышленность и сельское хозяйство. Российская ассоциация производителей удобрений играет значительную роль в развитии и поддержании конкурентоспособности российской отрасли производства минеральных удобрений. Из них 20 производителей азотных удобрений: ООО «НПО «Еврохим» (20,6 %), ПАО «Акрон» (18 %), АО «ОХК «Уралхим» (15,8 %), КАО «Азот» (15,4 %), ПАО «ФосАгро» (9,4 %). Среди 15 производителей сложных удобрений выделяются следующие компании: ПАО «ФосАгро» (55,8 %), ПАО «Акрон» (14,7 %), ООО «НПО «Еврохим» (13,2 %), АО «ОХК «Уралхим» (7 %). Акционерное общество «ОХК «Уралхим» (78,6 %) и ООО «НПО «Еврохим» (21,3 %) являются лидерами среди пяти производителей калийных удобрений [3, 4].

Инновационные технологии в отрасли минеральных удобрений связаны с сельскохозяйственной устойчивостью и экологичностью решений. К локальным инновационным решениям можно отнести адаптацию производителей минеральных удобрений под особенности рынков продаж. Для того чтобы минеральные удобрения обеспечивали долгосрочное питание растений и снижали потери веществ следует применять технологии постепенного высвобождения питательных веществ.

Главными покупателями удобрений из РФ за 2024 год стали Бразилия, Индия и Китай.

Больше всего минеральных удобрений из РФ за данный период импортировала Бразилия – на 3,38 млрд долл. Покупки минеральных удобрений Индии и Китая достигли 1,46 и 1,31 млрд долл. соответственно [5]. США купили у России удобрений на 1,19 млрд долл. [6]. Таким образом, инновационные подходы к производству минеральных удобрений улучшают системы управления качеством продукции и расширяют рынки сбыта, повышая доверие покупателей продукции отрасли (табл. 1, 2).

Таблица 1

**Топ-10 лидеров рынка производителей минеральных удобрений  
за 2024 г.**

Инновации	Компания-производитель	Страна-производитель
Биостимуляторы	Yara International	Норвегия
Удобрения с высокой биодоступностью	Mosaic	США
Капельное орошение	ICL Group	Израиль
Удобрения с постепенным высвобождением питательных веществ	EuroChem	Швейцария
Микробиологические добавки	BASF	Германия
Удобрения, адаптированные к местным климатическим условиям	Haifa Group	Израиль
Точное дозирование питательных веществ	AgroLiquid	США
Удобрения с повышенным содержанием органических веществ	АО «ОХК «Уралхим»	Россия
Биоуглеродные добавки	Italpollina	Италия
Инновационные удобрения с включением микроорганизмов	Rizobacter	Аргентина

Источник: составлено на основании [3].

Таблица 2

**Покупатели минеральных удобрений у России за 2024 г.**

№	Страна-покупатель	Сумма покупки, млн долл.
1	Бразилия	3380
2	Индия	1460
3	Китай	1310
4	США	1190
5	Мексика	669
6	Индонезия	413
7	Польша	397
8	ЮАР	286
9	Таиланд	279
10	Колумбия	186
11	Франция	184
12	Сербия	184
13	Германия	175
14	Турция	151
15	Испания	150

Источник: составлено на основании [4].

## Обзор текущего состояния отрасли производства минеральных удобрений за 2021 – 2024 гг.

В период с 2021 по 2024 гг. отрасль производства минеральных удобрений столкнулась с рядом значительных изменений, обусловленных как внутренними, так и внешними факторами. Глобальные изменения в климате, рост населения и потребность в увеличении продовольственной безопасности ставят перед производителями новую задачу – оптимизацию процессов производства и использование инновационных технологий [7].

Согласно отчетам Всемирной организации сельского хозяйства, в 2024 г. наблюдается устойчивый рост цен на минеральные удобрения, что связано с увеличением затрат на сырье и повышением спроса в условиях восстановления экономики после пандемии. В частности, наблюдается рост цен на азотные и калийные удобрения, что в свою очередь сказывается на конечной стоимости продукции сельского хозяйства. Российские компании по производству минеральных удобрений фокусируются на выпуск крупнотоннажной продукции, относящейся к группе низких переделов – товарам с невысокой степенью переработки и ее простотой [8]. Работу предприятий отрасли минеральных удобрений можно оценить по доле России в общем объеме мирового производства отрасли и по объемам и структуре приобретения минеральных удобрений агропромышленным комплексом (АПК) страны. В таблице 3 представлены соответствующие данные и результаты расчетов горизонтального анализа за 2022 – 2024 гг. [9, 10]. Отметим, что динамика производства минеральных удобрений в целом имеет устойчивый характер: в 2023 г. производство увеличилось на 9 % или на 5 млн т, в 2024 г. – на 7 % или на 3,9 млн т. В целом данный показатель увеличился на 16 % или на 8,9 млн т.

Таблица 3

### Доля России в общем объеме мирового производства отрасли минеральных удобрений за 2021 – 2024 гг.

Доля продукции	Год			Изменения					
				абсолютные			относительные, %		
	2022	2023	2024	2023/ 2022	2024/ 2023	2024/ 2022	2023/ 2022	2024/ 2023	2024/ 2022
Объем производства продукции									
Доля, %	12	12	14	0	2	2	–	1,16	1,16
Физический вес, млн т	54,3	59,3	63,2	5	3,9	8,9	1,09	1,07	1,16
В пересчете на дей- ствующее вещество	23,6	23,0	28,3	–0,6	5,3	4,7	–2,54	1,23	1,19

Составлено по источнику [5].

Доля минеральных удобрений России в общем объеме мирового производства к 2025 г. увеличилась на 2 % или на 8,9 млн т физического веса.

В таблице 4 представлены данные по объемам приобретения минеральных удобрений АПК России за 2022 – 2024 гг. [10, 11]. В целом по приобретению видов минеральных удобрений за 2022 – 2024 гг. произошел рост на 1,7 % или на 0,1 млн т за счет увеличения объемов производства в 2023 г. на 5,2 % и его снижения в 2024 г. на 3,3 %.

В таблице 5 представлены данные по структуре объемов основных видов продукции отрасли за 2022 – 2024 гг. По анализу структуры продукции прослеживается уменьшение приобретения на 3% аммиачной селитры к 2025 г., по другим видам продукции структура не изменилась. Наибольший рост в абсолютных величинах к 2025 г. пришелся на фосфорные минеральные удобрения – на 16,2 %. Однако в 2023 г. приобретение комплексных минеральных удобрений выросло на 9,55 %, а по фосфорным минеральным удобрениям на 20,2 %. По такому виду продукции, как хлористый калий, в течение периода с 2022 по 2023 год произошло увеличение на 5 %, как и группа других удобрений также продемонстрировала увеличение приобретения продукции на 5 %.

Исходя из данных, представленных в табл. 5, отметим, что самую большую долю составляет в структуре минеральных удобрений, приобретаемых АПК России, аммиачная селитра: ее доля равна 41 – 38 %. Объемы приобретения НРК занимают примерно 25 %, фосфорные удобрения – 16 %.

Таблица 4

**Объемы приобретения минеральных удобрений  
АПК России за 2022 – 2024 гг.**

Продукция	Год			Изменения					
	2022	2023	2024	абсолютные			относительные, %		
				2023/ 2022	2024/ 2023	2024/ 2022	2023/ 2022	2024/ 2023	2024/ 2022
Объем потребления продукции, млн т									
Аммиачная селитра	2,378	2,379	2,242	0,001	-0,137	-0,136	1,000	0,942	0,943
НРК	1,392	1,525	1,475	0,133	-0,050	0,083	1,096	0,967	1,060
Фосфорные удобрения	0,812	0,976	0,944	0,164	-0,032	0,132	1,202	0,967	1,163
Хлористый калий	0,290	0,305	0,295	0,015	-0,010	0,005	1,052	0,967	1,017
Карбамид	0,348	0,305	0,354	-0,04	0,049	0,006	0,876	1,161	1,017
Другие удобрения	0,580	0,610	0,590	0,030	-0,020	0,010	1,052	0,967	1,017
Итого	5,800	6,100	5,900	0,300	-0,200	0,100	1,052	0,967	1,017

Составлено по источнику [5].

Таблица 5

**Объемы и структура приобретения минеральных удобрений  
АПК России за 2022 – 2024 гг., %**

Продукция	2022	2023	2024	2022	2023	2024
				%		
Объем потребления продукции, млн т						
Аммиачная селитра	2,378	2,379	2,242	41	39	38
НРК	1,392	1,525	1,475	24	25	25
Фосфорные удобрения	0,812	0,976	0,944	14	16	16
Хлористый калий	0,290	0,305	0,295	5	5	5
Карбамид	0,348	0,305	0,354	6	5	6
Другие удобрения	0,580	0,610	0,590	10	10	10
Итого	5,800	6,100	5,900	100	100	100

Составлено по источнику [5].

Наименьшую долю в структуре объемов приобретения основных видов продукции производителей минеральных удобрений составляет карбамид и хлористый калий: их доля в 2022 – 2024 г. – 5–6 %. Изучив динамику изменения удельных весов анализируемых показателей, следует отметить, что в течение анализируемого периода в структуре объемов продукции отрасли минеральных удобрений существенного изменения не происходит [11].

### Заключение

Таким образом, отрасль производства минеральных удобрений является одним из важных направлений продовольственной безопасности страны. Внедрение инновационных технологий на производственных химических предприятиях – одна из главных задач сектора. Российским лидером по внедрению инновационных технологий путем технологии переработки органических отходов с созданием новой линейки удобрений с повышенным содержанием органических веществ стала компания АО «ОХК «Уралхим». Для наиболее полного представления об уровне эффективности инновационных подходов в отрасли производства минеральных удобрений с точки зрения цифровой трансформации, а также векторов их развития требуется провести анализ данного показателя в разрезе динамики развития лидеров данной отрасли, а именно ПАО «ФосАгро», АО «МХК «Еврохим», ПАО «Акрон» и АО «ОХК «Уралхим», что является задачей дальнейших исследований авторов.

#### *Список литературы*

1. Годовые отчеты и отчеты об устойчивом развитии // Официальный сайт ФосАгро. – URL : <https://www.phosagro.ru/investors/reports/year/> (дата обращения: 22.05.2025).

2. Отрасль минеральных удобрений в цифрах // Российская ассоциация производителей удобрений. – URL : <https://rapu.ru/analytics/> (дата обращения: 22.05.2025).
3. ТОП-10 производителей органически-минеральных удобрений: лидеры рынка 2024 // Российское сообщество торговли и производства. – URL : <https://rosstip.ru/news/3527-top-10-proizvoditelej-organicheski-mineralnykh-udobrenij-lidery-gynka-2024/> (дата обращения: 22.05.2025).
4. Бразилия, Индия и Китай стали основными покупателями российских удобрений // РИА Новости. – URL : <https://ria.ru/20250126/udobreniya-1995513858.html> (дата обращения: 22.05.2025).
5. Российская ассоциация производителей удобрений : офиц. сайт. – URL: <https://rapu.ru/sector/> (дата обращения: 22.05.2025).
6. Национальный Регистр корпоративных нефинансовых отчетов // Российский союз промышленников и предпринимателей. – URL : [https://rspp.ru/sustainable\\_development/registr/](https://rspp.ru/sustainable_development/registr/) (дата обращения: 22.05.2025).
7. Критерии «зеленых» проектов государств-членов Евразийского Экономического Союза. Одобрены Рабочей группой высокого уровня по выработке предложений по сближению позиций государств-членов ЕАЭС в рамках климатической повестки (Протокол от 22.12.2022 № 43-АС). – 2023. – 52 с. – URL : [https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/df7/Kriterii-dlya-opublikovaniya-Modelnaya-taksonomiya\\_](https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/df7/Kriterii-dlya-opublikovaniya-Modelnaya-taksonomiya_) (дата обращения: 22.05.2025).
8. ГОСТ Р ИСО 26000–2012. Руководство по социальной ответственности. – Введ. 15-03-2013. – М. : Стандартинформ, 2014. – 125 с. – URL : <https://expert-2014.ru/docs/gost-r-iso-26000-2012.pdf> (дата обращения: 22.05.2025).
9. Российский союз промышленников и предпринимателей. Индексы РСПП в области устойчивого развития (ESG-индексы) – 2022: ESG-индекс «Ответственность и открытость», ESG-индекс «Вектор устойчивого развития». – URL : [https://rspp.ru/upload/iblock/1aa/3pjo1a60me8jnz34q15rer6vt7sa280z/Broshyura\\_Indeksy\\_2022\\_ProektSH\\_KH.pdf](https://rspp.ru/upload/iblock/1aa/3pjo1a60me8jnz34q15rer6vt7sa280z/Broshyura_Indeksy_2022_ProektSH_KH.pdf) (дата обращения: 22.05.2025).
10. Современные проблемы управления горно-химическим комплексом России / С. А. Березиков, В. В. Дядик, Ф. Д. Ларичкин [и др.]. – Апатиты : Кольский научный центр Российской академии наук, 2023. – 127 с.
11. Яшалова, Н. Н. Теоретические аспекты взаимосвязи экологии и экономики в контексте устойчивого развития / Н. Н. Яшалова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2012. – Т. 8, № 44(185). – С. 26 – 34.

### *References*

1. Available at: <https://www.phosagro.ru/investors/reports/year/> (accessed 22 May 2025).
2. Available at: <https://rapu.ru/analytics/> (accessed 22 May 2025).
3. Available at: <https://rosstip.ru/news/3527-top-10-proizvoditelej-organicheski-mineralnykh-udobrenij-lidery-gynka-2024/> (accessed 22 May 2025).
4. Available at: <https://ria.ru/20250126/udobreniya-1995513858.html> (accessed 22 May 2025).
5. Available at: <https://rapu.ru/sector/> (accessed 22 May 2025).
6. Available at: [https://rspp.ru/sustainable\\_development/registr/](https://rspp.ru/sustainable_development/registr/) (accessed 22 May 2025).
7. Available at: [https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/df7/Kriterii-dlya-opublikovaniya-Modelnaya-taksonomiya\\_](https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/df7/Kriterii-dlya-opublikovaniya-Modelnaya-taksonomiya_) (accessed 22 May 2025).
8. GOST R ISO 26000-2012. *Rukovodstvo po sotsial'noy otvetstvennosti* [Guidelines on social responsibility], Moscow: Standartinform, 2014, 125 p., available at: <https://expert-2014.ru/docs/gost-r-iso-26000-2012.pdf> (accessed 22 May 2025).

9. Available at: [https://rspp.ru/upload/iblock/1aa/3pjo1a60me8jnz34q15rer6vt7sa280z/Broshyura\\_Indeksy\\_2022\\_ProektSH\\_KH.pdf](https://rspp.ru/upload/iblock/1aa/3pjo1a60me8jnz34q15rer6vt7sa280z/Broshyura_Indeksy_2022_ProektSH_KH.pdf) (accessed 22 May 2025).

10. Berezikov S.A., Dyadik V.V., Larichkin F.D. [et al.]. *Sovremennyye problemy upravleniya gorno-khimicheskim kompleksom Rossii* [Modern problems of management of the mining and chemical complex of Russia], Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk, 2023, 127 p. (In Russ.)

11. Yashalova N.N. [Theoretical aspects of the relationship between ecology and economics in the context of sustainable development], *Natsional'nyye interesy: priority i bezopasnost'* [National interests: priorities and security], 2012, vol. 8, no. 44(185), pp. 26-34. (In Russ., abstract in Eng.)

---

## **Innovative Approaches to Regional Development of Mineral Fertilizer Production Enterprises in the Context of Digitalization**

**E. V. Bykovskaya, N. V. Sakharova**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia;  
Cherepovets State University, Cherepovets, Russia*

**Keywords:** : innovations and technologies; innovative approaches; innovative fertilizers; mineral fertilizer production; regional development; digital transformation.

**Abstract:** The article presents the topic of a new vector of development of mineral fertilizer production enterprises taking into account innovative technologies. Particular attention is paid to solutions related to innovative approaches of mineral fertilizer production enterprises. An analysis of innovative approaches to the development of enterprises engaged in the production of mineral fertilizers in the context of digitalization is carried out. The key trends and technologies that shape the modern fertilizer market are considered, as well as their impact on the efficiency of production processes. Examples of successful implementation of innovative technologies are presented, such as biostimulants based on organic components, the creation of fertilizers with high bioavailability, innovative fertilizers with the inclusion of microorganisms, etc. The main attention is paid to how innovative approaches can contribute to the sustainable development of enterprises, increase their competitiveness and optimize resource use.

---

© E. В. Быковская, Н. В. Сахарова, 2025

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГИОНА**

**В. А. Солопов, Е. С. Мищенко, Н. В. Злобина,  
Н. В. Карамнова, В. М. Белоусов**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия; ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия*

**Ключевые слова:** аграрный сектор; направления и инструменты устойчивого развития; сельские территории; Тамбовская область; устойчивое развитие; экономика региона.

**Аннотация:** Проведен комплексный анализ влияния аграрного сектора на устойчивое развитие сельских территорий региона. Особое внимание уделено вопросам инженерной инфраструктуры и социальной поддержки сельских территорий. Выделены ключевые направления, способствующие долговременному развитию сельской местности, систематизированные по экономическим, социальным, демографическим, экологическим и институциональным аспектам. Определены основные инструменты, обеспечивающие устойчивое развитие сельских территорий Тамбовской области, включающие в себя создание и совершенствование законодательной базы, направленной на поддержку развития на федеральном, региональном и муниципальном уровнях; улучшение моделей экономического роста; оптимизацию финансово-бюджетных отношений; повышение эффективности работы законодательной и исполнительной органов власти на всех уровнях управления.

### **Введение**

Современная социально-экономическая обстановка в сельских территориях России отмечена множеством накопившихся проблем, препятствующих их устойчивому развитию. Кризисные явления, усугубившиеся с началом аграрных реформ, до сих пор остаются нерешенными. В аграр-

---

Солопов Владимир Алексеевич – доктор экономических наук, помощник проректора по научной работе в инновационной деятельности, e-mail: solopov\_07@inbox.ru; Мищенко Елена Сергеевна – доктор экономических наук, проректор по международной деятельности; Злобина Наталья Васильевна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Экономическая безопасность и качество», директор института дополнительного профессионального образования, ТамбГТУ, Тамбов, Россия; Карамнова Наталья Владимировна – доктор экономических наук, заведующий кафедрой управления и делового администрирования; Белоусов Виталий Михайлович – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и делового администрирования, МичГАУ, Мичуринск, Россия.

ном секторе уровень производства все еще не дотягивает показателей, которые существовали до реформ; одновременно наблюдается продолжающееся сокращение ресурсного потенциала сельского хозяйства, а процесс становления экономически активных субъектов в сфере сельского бизнеса остается в стадии завершения.

На фоне отрицательной демографической ситуации и экологических проблем отмечается ухудшение социальной инфраструктуры, а также сокращение продолжительности жизни местного населения. Невысокий уровень качества жизни, ограниченные возможности для трудовой деятельности в сельской местности и более низкие доходы по сравнению с городскими жителями способствуют утечке конкурентоспособных специалистов и деградации сельских поселений. Как следствие, это приводит к усугублению социально-экономических диспропорций и появлению депрессивных территорий, где продолжают накапливаться экономические, социальные и экологические проблемы, создавая условия для общей нестабильности и дезинтеграции экономики России.

В связи с этими вызовами достижение нового уровня развития сельских территорий стало центральной задачей для государства. Однако научно обоснованного метода управления сельскими территориями до сих пор не существует.

Несмотря на то что государственные органы применяют различные нормативные инструменты для определения ключевых аспектов федеральной политики в сфере развития сельских территорий, необходимо подчеркнуть, что их внедрение носило фрагментарный характер и фокусировалось преимущественно на макроуровне. Данное обстоятельство привело к повышенной зависимости от внешних ресурсов, усугубило социальное неравенство и ослабило мотивацию региональных и муниципальных властей к созданию эффективных инициатив, направленных на развитие сельских территорий.

Каждый регион применяет свои подходы к работе с сельскими территориями, зачастую не принимая во внимание сложившиеся социально-экономические условия на уровне отдельных районов и уникальные особенности конкретных поселений, что замедляет процессы устойчивого развития и снижает эффективность управления на всех уровнях. Отсутствие системного местного развития в значительной степени способствует неравномерному распределению производительных сил, неразвитости социальной инфраструктуры и другим проявлениям неравенства, негативно влияющим на общую экономику и качество жизни в этих регионах [1].

Таким образом, проблема устойчивого развития сельских территорий сохраняет свою актуальность, что подтверждает научную значимость и стратегическую важность данного исследования.

*Цель работы* – проведение комплексного теоретического анализа, формирование надежной методологической базы и применение практических методов, направленных на обеспечение стабильного развития сельских территорий.

### **Методика исследования**

В качестве объектов исследования выбраны аграрный сектор экономики и сельские территории Тамбовской области. Материалами для исследования послужили данные статистической отчетности Тамбовской

области, аналитические данные справочной и научной литературы, документы первичного учета сельскохозяйственных предприятий, годовые отчеты, а также авторские расчеты. В статье использовались монографический, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, экономико-статистический методы исследования.

### Результаты исследования

Ключевая роль в экономике Тамбовской области отведена агропромышленному комплексу (АПК). Согласно данным за 2024 год, общий объем производства продукции сельского и лесного хозяйства достиг 110,514 млрд р., что составляет 21,5 % от общей стоимости регионального продукта. Анализируя структуру инвестиций в основной капитал, можно отметить, что доля аграрного сектора в период с 2020 по 2024 год колебалась в диапазоне от 18,2 % в 2024 году до 30,9 % – в 2021 г. Наибольший объем инвестиций в денежном выражении зарегистрирован в 2021 году, составив 15,41 млрд р. (табл. 1).

Таблица 1

#### Основные экономические показатели Тамбовской области

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	Отношение 2024 г. к 2020 г., %
<i>Объем и структура валового регионального продукта</i>						
Всего, млн. р.	376258,7	492268,0	429268,0	522646,8	514200,0	136,7
В том числе сельское и лесное хозяйство:						
млн р.	122930,3	152214,7	156253,6	123479,5	110514,2	89,9
%	32,6	35,4	36,4	23,6	21,5	-11,1 п.п.
<i>Объем и структура инвестиций в основной капитал (в действующих ценах)</i>						
Всего, млн р.	45457,0	48888,7	47861,5	54383,6	72170,8	158,8
В том числе сельское и лесное хозяйство:						
млн р.	11021,0	15130,8	14153,2	12048,3	13135,1	119,2
%	24,2	30,9	29,6	22,2	18,2	+6,0 п.п.
<i>Среднесписочная численность работников предприятия и организаций по основным видам деятельности</i>						
Всего, тыс. чел.	255,25	250,48	244,18	245,15	244,00	95,6
В том числе сельское и лесное хозяйство:						
тыс. чел.	22,74	23,01	22,87	23,42	23,09	101,5
%	8,9	9,2	9,4	9,6	9,5	+0,6 п.п.
<i>Среднемесячная заработная плата работников предприятий и организаций по видам экономической деятельности, р.</i>						
В среднем	31062,7	34437,8	39345,7	45742,1	54130,1	174,3
Сельское и лесное хозяйство	36452,7	41815,5	48369,9	55411,0	64153,9	176,0
%	117,4	121,4	122,9	121,1	118,5	+1,1 п.п.

\*Источник: составлено по данным Тамбовстата.

Анализ производства сельскохозяйственной продукции в регионе показывает значительный рост по всем категориям хозяйств. В 2024 году объем производства сельскохозяйственной продукции увеличится на 11,3 % по сравнению с 2020 годом. При этом во всех категориях хозяйства отмечается рост производства продукции растениеводства на 8,5 %, а животноводческой продукции – на 16,93 % (табл. 2).

По состоянию на 2024 года аграрный сектор Тамбовской области представлен 243 сельскохозяйственными организациями, 1540 крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и 275,9 тыс. индивидуальными сельхозпроизводителями. В течение 2024 года стоимость продукции, произведе-

Таблица 2

**Производство продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств Тамбовской области\* (в фактически действовавших ценах, млн р.)**

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2024 г. в % к 2020 г.
<i>Все категории хозяйств</i>						
Продукция сельского хозяйства	170809,2	212104,1	208853,8	204061,8	190194,2	111,3
в том числе:						
растениеводства	112620,6	140615,5	131492,0	141150,0	122144,9	108,5
животноводства	58188,6	71488,6	77361,8	62911,8	68049,3	116,9
<i>Сельскохозяйственные организации</i>						
Продукция сельского хозяйства	126136,3	160779,2	157647,6	155779,4	147390,0	116,8
в том числе:						
растениеводства	79862,9	100701,2	92098,6	103901,3	90514,3	113,3
животноводства	46273,4	60078,0	65549,0	51878,1	56875,7	122,9
<i>Хозяйства населения</i>						
Продукция сельского хозяйства	21886,3	22807,2	23189,5	21799,1	19026,9	86,9
в том числе:						
растениеводства	11365,2	12829,9	13019,0	12218,8	9286,9	81,7
животноводства	10521,1	9977,3	10170,5	9580,3	9740,0	92,6
<i>Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели</i>						
Продукция сельского хозяйства	22786,6	28517,7	28016,7	26483,3	23777,3	104,3
в том числе:						
растениеводства	21392,5	27084,4	26374,4	25029,9	22343,7	104,4
животноводства	1394,1	1433,3	1642,3	1453,4	1433,6	102,8

\* Источник: составлено по данным Тамбовстата.

денной сельскохозяйственными организациями достигла 147 390 млн р., что составляет 77,5 % от общего объема производства сельскохозяйственной продукции всеми категориями хозяйств. Производство растениеводческой продукции составило 90 514,3 млн р., что эквивалентно 74,1 % от общего объема производства продукции растениеводства всех категорий хозяйств, тогда как продукция животноводства достигла 56 875,7 млн р., или 83,6 % от общего объема производства в этой сфере.

С 2020 по 2024 год объемы производства растениеводческой продукции выросли на 13,3 %, а животноводческой – на 22,9 %. Аналогичная положительная тенденция наблюдается и в крестьянских (фермерских) хозяйствах, которые обеспечили 12,5 % от общего объема сельскохозяйственной продукции, включая 18,3 % продукции растениеводства и 2,1 % продукции животноводства.

Тем не менее стоимость сельскохозяйственной продукции, производимой в личных подсобных хозяйствах, ежегодно снижается, и к 2024 году их доля составила 10 % от общего объема производства. В частности, доля продукции растениеводства составила 7,6 %, а продукции животноводства – 14,3 % (см. табл. 2).

В структуре земельного фонда преобладают земли сельскохозяйственного назначения, доля которых составляет более 80 %. В 2020 году посевная площадь составила 1893,9 га, при этом основными культурами возделывания остаются зерновые, технические культуры, картофель и овощи, занимающие более 98,2 % посевных площадей.

В период с 2020 по 2024 год посевные площади в регионе увеличились на 3,4 %, при этом площадь, отведенная под технические культуры, увеличилась – на 23,2 %. За указанный период внедрение современных технологий, активное использование минеральных удобрений и регулярное обновление сортов привели к значительному росту урожайности основных сельскохозяйственных культур.

Так, урожайность сахарной свеклы повысилась с 351,7 до 394,6 ц/га, причем в некоторые годы достигала рекордных 559,2 ц/га. Урожайность подсолнечника увеличилась с 22,1 до 23,4 ц/га (+5,8 %), а картофеля – со 145,7 до 162,0 ц/га (+11,2 %). Несмотря на заметные колебания урожайности в отдельные годы из-за неблагоприятных погодных условий, общие объемы валового сбора основных культур значительно выросли.

Тамбовская область занимает важное место среди российских регионов, специализирующихся на производстве зерна, обеспечивая 2,3 % от всех посевных площадей под зерновыми культурами в стране. В 2024 году регион занял третье место в Центральном федеральном округе (ЦФО) и одиннадцатое по объему производства зерна на национальном уровне.

Среди основных технических культур в регионе можно выделить сахарную свеклу и подсолнечник. За последние годы валовое производство сахарной свеклы значительно возросло и составило 4 589,9 тыс. т в 2024 году, что на 42,8 % больше по сравнению с уровнем 2020 года. Вместе с тем валовой сбор подсолнечника снизился до 845,9 тыс. т, или на 2,8 % по сравнению с уровнем 2020 года. По производству сахарной свеклы область занимает второе место в ЦФО и пятое место в стране, составляя 9,5 % от общего объема производства в России. Кроме того, регион

располагается на втором месте в ЦФО и четвертом в стране по производству подсолнечника, с долей 7,3 %.

Животноводство играет важную роль в АПК региона, что способствовало снижению сокращения поголовья крупного рогатого скота, овец и коз, а также увеличению их продуктивности. К концу 2024 года поголовье крупного рогатого скота в области достигло 71,2 тыс. голов, в том числе 30,8 тыс. голов коров.

За период с 2020 по 2024 год доля коров в общем поголовье возросла с 40,3 до 43,3 %. Поголовье свиней, напротив, сократилось на 10,8 % и составило 1 042,3 тыс. голов. За этот же период отмечается положительная динамика в производстве мяса – на 4,7 %, молока – на 0,8 %. Данные результаты стали возможны благодаря эффективной государственной поддержке сельского хозяйства, предоставляемой Правительством Российской Федерации и Министерством сельского хозяйства России. В рамках поддержки аграриев Тамбовской области в период с 2020 по 2024 год было выделено более 15,5 млрд р., из которых 9,9 млрд р. поступило из федерального бюджета и 5,7 млрд р. – из областного.

Сельское хозяйство выступает фундаментальной составляющей устойчивого развития сельских территорий. Быстрые темпы роста и повышение продуктивности аграрного производства создают прочную базу для перехода к устойчивому развитию и улучшения благосостояния сельского населения.

Для эффективного достижения целей развития сельских территорий требуется всесторонний подход к решению социальных проблем, охватывающий развитие инфраструктуры, а также улучшение систем здравоохранения, образования и культурной сферы. Важнейшим аспектом является обеспечение условий для здорового образа жизни и сохранения культурного наследия региона.

Развитие социальной инфраструктуры и условий проживания тесно связано с особенностями муниципальных округов, уровнем урбанизации, спецификой жилых массивов и качеством дорог.

В Тамбовской области насчитывается 7 городов, 13 поселков городского типа, 23 муниципальных образования и 279 деревень, при этом уровень технической и социальной инфраструктуры значительно варьируется между муниципальными округами. Наиболее развитой по социальной инфраструктуре являются Тамбовский и Мичуринский муниципальные округа. Административные центры Кирсанов, Моршанск, Рассказово, Уварово и Жердевка, несмотря на свои небольшие размеры, обладают развитой инфраструктурой, однако уступают по этому показателю более крупным городам. Остальные 16 муниципальных округов находятся под воздействием городских агломераций или размещены на больших сельских территориях, где комплексное обеспечение услугами часто оказывается неполным.

В сельской местности действует основная социальная инфраструктура, включающая детские сады, общеобразовательные учреждения, предприятия бытового обслуживания, супермаркеты, а также культурные объекты – клубы, библиотеки и благотворительные организации, что в значи-

тельной мере обеспечивает жизнедеятельность сельского населения. Однако основные учебные заведения (университеты и колледжи), финансовые учреждения (банки, страховые компании, юридические конторы), а также учреждения сферы культуры и здравоохранения располагаются преимущественно в городах и административных центрах [2].

При оценке региональной инфраструктуры следует уделять особое внимание социальной инфраструктуре в сельской местности, поскольку объемы предоставляемых услуг напрямую зависят от наличия крупных социальных учреждений, как в сельских, так и в городских поселениях.

Исследования показали, что существует значительная разница в уровне использования социальных услуг жителями городских и отдаленных районов, теми, кто работает в экономически стабильных или неблагоприятных сельскохозяйственных районах, и теми, кто живет вблизи городских центров и транспортных узлов или в отдаленных небольших сельских районах.

Недостаточное развитие инженерной инфраструктуры и ограниченные условия социальной среды в сельских территориях выступают одной из главных причин неудовлетворенности жизнью и снижения привлекательности этих территорий, что в свою очередь стимулирует усиление миграционных процессов, особенно среди молодежи.

Рассмотрим основные показатели развития социальной инфраструктуры и социально-экономические характеристики сельских территорий Тамбовской области.

Анализ показателей общего жилищного фонда региона свидетельствует о стабильном ежегодном росте (табл. 3). В период с 2020 по 2024 год общая площадь жилых помещений в регионе увеличилась на 5,5 %, тогда как рост в сельской местности составил всего 4,1 %. В 2024 году общая площадь жилых помещений на душу населения увеличилась на 10,6 % по сравнению с 2020 годом. В городской местности площадь жилых помещений увеличилась на 12,9 %, а в сельской местности – на 5,1 %. На одного жителя сельской местности приходилось в среднем 36,8 кв. м жилой площади, в то время как в городах данный показатель был несколько ниже – 34,2 кв. м.

Таким образом, несмотря на то что в целом наблюдается рост доступа к жилым помещениям, темпы увеличения в сельской местности остаются низкими, что подчеркивает необходимость дальнейшего развития инфраструктуры для повышения привлекательности сельской жизни.

Следует отметить, что в сельских территориях Тамбовской области ежегодно от 80 до 90 % нового жилого фонда строится за счет личных и заемных средств местных жителей. При этом наблюдается рост доли жилых зданий, обеспеченных всеми необходимыми коммунальными удобствами (рис. 1).

Вместе с тем за исследуемый период отмечается заметное уменьшение количества общеобразовательных учреждений в сельской местности региона. На 2024 год их число составляет всего 444, что соответствует лишь 92,5 % от уровня 2020 года. Еще более значительное сокращение

Таблица 3

## Общая площадь жилищного фонда в Тамбовской области

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	Отношение, %, 2024 г. к	
						2020 г.	2022 г.
Общая площадь жилых помещений – всего (на конец года), млн кв. м	31896,1	32679,3	32885,0	33284,8	33650,9	105,5	102,3
в том числе:							
в городских поселениях	18512,1	19030,3	19143,5	19452,6	19719,4	106,5	103,0
сельской местности	13384,0	13649,1	13741,5	13832,2	13931,5	104,1	101,4
Общая площадь жилых помещений в среднем на одного жителя – всего (на конец года), кв. м	32,1	33,3	34,0	34,8	35,5	110,6	104,4
в городских поселениях	30,3	31,4	32,8	33,6	34,2	112,9	104,3
сельской местности	35,0	36,3	35,9	36,6	36,8	105,1	102,5

\* Источник: составлено по данным Тамбовстата.

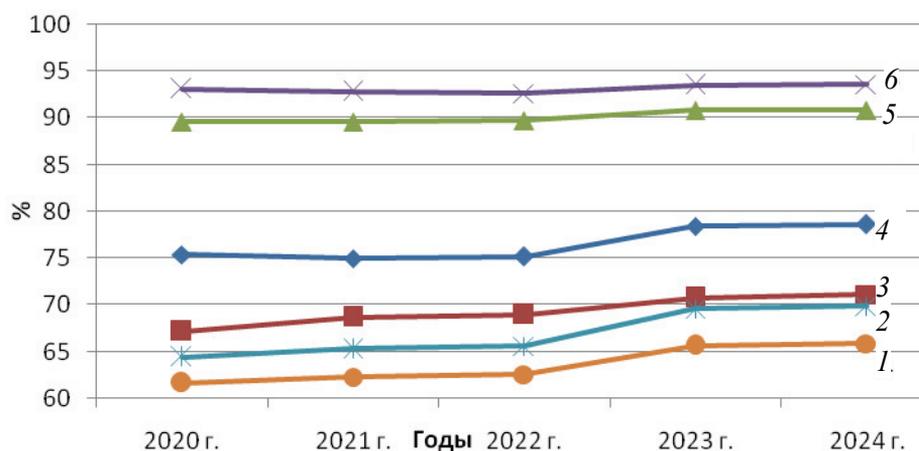


Рис. 1. Удельный вес жилого фонда сельских территорий Тамбовской области обеспеченного коммунальными удобствами:

1 – ванны (душами); 2 – горячим водоснабжением; 3 – водоотведением (с канализацией); 4 – водопроводом; 5 – отоплением; 6 – газом (сетевым, сжиженным)

отмечается в численности обучающихся – с 37,3 тыс. в 2020 году до 33,1 тыс. к 2024. Если в 2020 году средняя нагрузка на одно учебное заведение составляла 70 учеников, то к 2024 году данный показатель возрос до 74.

Оптимизация бюджетных расходов лишь усугубила ряд проблем сельской сферы, особенно в области здравоохранения: закрываются региональные больницы и родильные дома, сокращается количество коек, а также отмечается нехватка медицинских работников. Анализ показывает, что в 2024 году количество больниц в регионе уменьшилось более чем вдвое, относительно 2020 года, в то время как амбулаторно-поликлинических учреждений стало почти в три раза больше. За тот же период число фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП) снизилось почти на 100, численность врачей и среднего медицинского персонала также продолжает сокращаться.

Одним из ключевых аспектов является газификация сельской местности. Каждый год вводится более 500 км газовых сетей, а в 2024 году данный показатель достиг 964,4 км. По состоянию на конец 2024 года уровень газификации жилого фонда в муниципальных образованиях Тамбовской области достиг 78,4 %, что значительно превышает среднероссийский показатель.

Для достижения стратегических целей по укреплению экономического потенциала сельских территорий необходим всесторонний и системный подход к решению демографических проблем. Среди главных приоритетов следует выделить: повышение качества жизни и уровня благосостояния сельского населения, обеспечение роста занятости и доходов, ликвидацию дефицита квалифицированных кадров в аграрном секторе и смежных областях, а также развитие образовательных программ, способствующих освоению новых профессий жителями сельской местности. Особое внимание необходимо уделить поддержке неактивных слоев населения и внедрению эффективных инструментов регулирования миграционных процессов и переселения.

Несмотря на то что демографическая ситуация в Тамбовской области в последние годы показывает незначительные улучшения, она остается непростой и требует особого внимания.

Население региона продолжает сокращаться с 2019 года, причем темпы снижения сельского населения особенно выражены (табл. 4).

Таблица 4

**Численность постоянного населения Тамбовской области**

Годы	На 1 января, тыс. чел.			Доля (%) в населении	
	всего	в том числе		городское	сельское
		городское	сельское		
2019	1015966	620989	394977	61,1	38,9
2020	1006748	618017	388731	61,4	38,6
2021	994420	611901	382519	61,5	38,5
2022	979171	589647	389524	60,2	39,8
2023	966250	583260	382990	60,4	39,6
2024	956292	578544	377748	60,5	39,5
2025	946657	574165	372492	60,7	39,3

\* Источник: составлено по данным Тамбовстата.

Численность населения Тамбовской области на 1 января 2025 года составила 946,7 тыс. человек, что на 69,3 тыс. человек или на 6,8 % меньше, чем в 2019 году. Численность сельского населения сократилась с 395,0 тыс. человек до 372,5 тыс. человек или на 5,4 %. В последние годы сокращение численности населения региона несколько замедлилось.

Численность работников в сельском и лесном хозяйстве незначительно возросла: в 2024 году она составила 23,050 тыс. человек, что на 0,31 тыс. человек больше по сравнению с 2020 годом. Доля занятых в данной отрасли составила 9,5 % от общего числа работающих в экономике региона, в то время как в 2020 году данный показатель составлял 8,9 %.

За последние пять лет средний уровень заработной платы в сельском и лесном хозяйстве увеличился с 36 453 р. до 64 154 р., рост составил 76,0 %, в то время как общий экономический рост заработной платы в регионе составил 74,3 %.

Ключевым фактором для устойчивого развития сельских территорий является организация управления и регулирования на уровне местного самоуправления. Однако за последние четыре года количество сотрудников в государственных и местных органах власти снизилось, особенно в сфере местного самоуправления – на 25 %.

Для плодотворного развития сельских территорий особенно важно иметь квалифицированные кадры, способные эффективно решать задачи местных сообществ. Формирование сильных и слаженных управленческих команд на региональном и муниципальном уровнях играет ключевую роль в быстрой адаптации к постоянно меняющимся условиям и в регулярном повышении качества предоставляемых муниципальных услуг. Улучшение работы законодательных и исполнительных органов власти на всех уровнях приведет к повышению устойчивости развития сельских территорий.

Таким образом, устойчивое развитие сельских территорий зависит от эффективной экономики, развитой инженерной инфраструктуры, социальной сферы, положительных демографических показателей и благоприятных экологических условий. Данные процессы должны поддерживаться нормативно-правовой базой и высшим руководством на всех уровнях.

В целом социально-экономическая ситуация в Тамбовской области за последние годы улучшилась, по многим показателям наблюдается положительная динамика. Однако темпы улучшения уровня и качества жизни недостаточны, и необходимы дальнейшие усилия для их улучшения.

Сельские территории обладают значительным экономическим, экологическим, демографическим, историческим и культурным потенциалом, что способствует устойчивому социально-экономическому развитию и высокому уровню жизни для местных сообществ. Основные подходы к достижению устойчивого развития в этих областях можно классифицировать по следующим направлениям: экономическим, социальным, демографическим, экологическим и институциональным (рис. 2).

В качестве приоритетных задач в стратегии развития сельских территорий России следует выделить: признание ключевой роли сельского хозяйства и его растущее значение многоаспектности в эпоху постиндустриализма и глобализации; повышение конкурентоспособности и результативности аграрного сектора, что критически важно для сохранения его лидирующей позиции в сельской экономике и обеспечения стабильного прогресса большинства регионов страны.

Экономические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Совершенствование механизма государственной поддержки</li> <li>• Поддержка малого и среднего бизнеса на селе</li> <li>• Диверсификация сельской экономики</li> <li>• Технико-технологическая модернизация производства</li> <li>• Развитие рыночной инфраструктуры и соответствующих институтов</li> </ul>
Социальные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стимулирование жилищного строительства</li> <li>• Развитие транспортных и телекоммуникационных сетей</li> <li>• Развитие электро-, водо-, газо-, теплоснабжения</li> <li>• Развитие системы здравоохранения</li> <li>• Развитие сети дошкольных и общеобразовательных учреждений</li> <li>• Развитие сети спортивных и культурных учреждений</li> </ul>
Экологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Охрана и сохранение биоразнообразия природы</li> <li>• Рациональное использование возобновляемых природных ресурсов</li> <li>• Развитие безотходных технологий</li> <li>• Производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции</li> <li>• Экологическое образование и воспитание населения</li> </ul>
Демографические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расширение занятости и доходов сельского населения</li> <li>• Регулирование рынка труда в сельской местности</li> <li>• Сохранение и укрепление здоровья населения</li> <li>• Повышение рождаемости</li> <li>• Увеличение продолжительности жизни</li> <li>• Сокращение уровня смертности</li> </ul>
Институциональные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Совершенствование законодательной базы развития сельских территорий</li> <li>• Повышение эффективности работы органов местной власти</li> <li>• Совершенствование подготовки и переподготовки кадров для АПК</li> <li>• Внедрение системы мониторинга развития сельских территорий</li> <li>• Повышение доступности сельских жителей к информационным ресурсам</li> </ul>

**Рис. 2. Основные направления обеспечения устойчивого развития сельских территорий**

Устойчивый рост сельскохозяйственного производства достижим только при условии внедрения инноваций и привлечения инвестиций. Для этого необходимо создать привлекательные условия для инвесторов, которые будут способствовать более рациональному использованию трудовых, материальных, энергетических и экологических ресурсов, а также генетического потенциала современных культур и пород. Необходима модернизация агропромышленного сектора за счет внедрения передовых технологий.

Государственное регулирование и поддержка играют ключевую роль в устойчивом развитии сельскохозяйственного сектора и организации его деятельности в рамках АПК. Основным инструментом в этой области должны стать экономические рычаги влияния.

В Тамбовской области особое внимание уделяется формированию и реализации продуманной региональной политики, направленной на развитие сельскохозяйственной экономики. Фундаментальными нормативными документами в данной сфере выступают «Стратегия социально-эко-

номического развития Тамбовской области до 2030 года» и «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяйственной продукции и продовольствия в Тамбовской области до 2030 года».

В регионе внедряется ряд программ, обеспечивающих государственную и региональную поддержку предприятий АПК вне зависимости от их формы собственности и уровня. Тем не менее для устойчивого развития сельских территорий одного лишь расширения агропромышленного направления недостаточно. Необходимо активно диверсифицировать сельскую экономику, способствуя разностороннему развитию малого и среднего бизнеса [3].

В сельской местности следует стимулировать развитие традиционных ремесел и промыслов, таких как деревообработка, гончарное мастерство, изготовление упаковочных материалов, плетение корзин, производство садового инвентаря, а также швейное и вязальное производства. Расширение неаграрной предпринимательской деятельности в сельских территориях имеет ключевое значение для обеспечения местного населения качественными бытовыми и социокультурными услугами. В этот перечень входят такие сферы, как ремонт и пошив одежды и обуви, а также поставка бытовой техники.

Обучение сельчан востребованным навыкам и создание доступных кредитных программ для приобретения оборудования и улучшения жилищных условий выступают важнейшими составляющими комплексного развития сельских территорий. Реализация подобных инициатив способствует формированию новых рабочих мест, а также значительному повышению уровня жизни местного населения, делая сельскую среду более комфортной и устойчивой.

Сельский туризм, опирающийся на природные, культурные и исторические ресурсы региона, играет значимую роль в экономике сельских территорий. Для Тамбовской области ключевой задачей является формирование привлекательных туристических маршрутов, включающих как материальное наследие – церкви, усадьбы и памятники архитектуры, так и нематериальное – традиции, ремесла и кулинарию. Сельский туризм обладает высокой инвестиционной привлекательностью и создает мультипликативный эффект, объединяя различные виды деятельности, способствующие росту доходов местных жителей за счет продажи продукции, организации услуг и эффективного использования недвижимого имущества.

Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Тамбовской области на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, финансируемая из федерального бюджета, является важным инструментом в сфере жилищного строительства. В 2024 году на развитие социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры было направлено 680 млн. рублей. Тамбовская область лидирует в ЦФО по объему ввода индивидуального жилья, доля которого в 2024 году составила 45 % от общего объема.

Развитие системы сельского здравоохранения, ориентированное на повышение доступности качественной медицинской помощи для жителей сельской местности, является крайне важным. Следует организовать сеть социальных учреждений, включающую социальные гостиницы, дома престарелых и службы стационарного ухода на дому.

Эффективным инструментом улучшения здоровья населения может стать активное применение опыта ФАП, предусматривающего регулярные обходы домов, мониторинг артериального давления и проведение диспансеризации. Для комплексного развития сельских территорий необходимо создавать социальные центры, способные обеспечивать жителей широким спектром социальных услуг.

Ключевыми мерами по оптимизации рынка труда и увеличению уровня занятости выступают создание новых рабочих мест, обновление существующей производственной базы, а также стимулирование развития малого и среднего предпринимательства, оказывающие положительное влияние не только на экономическую ситуацию, но и на социальное благополучие сельского населения.

Повышение привлекательности сельской жизни считается важным направлением демографической политики. В рамках местных и региональных стратегий развития необходимо реализовать конкретные программы по поддержке развития сельских территорий и восстановлению населенных пунктов с сохранением их специфических особенностей.

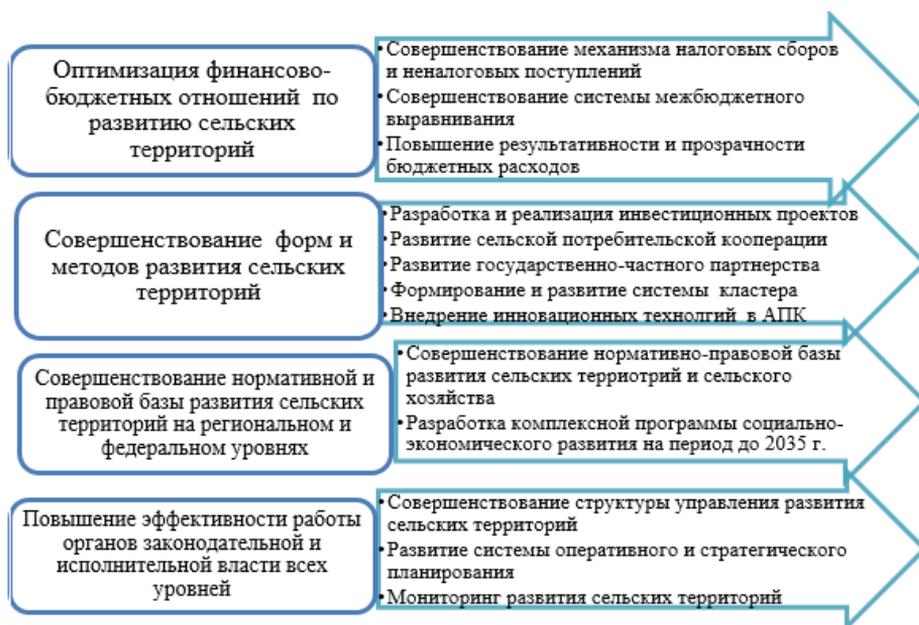
Важнейшим элементом реализации стратегической задачи социально-экономического развития региона, направленной на обеспечение благоприятных условий для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции, выступает выполнение долгосрочной целевой программы «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов Тамбовской области». Данная программа была официально утверждена постановлением администрации области от 24 декабря 2012 года № 1657.

Для успешного развития сельских территорий важно создавать усовершенствованные институциональные условия, которые обеспечат местному населению расширенный доступ к земельным, финансовым, материальным, техническим ресурсам и информационной поддержке. Внедрение научных исследований имеет большое значение для устойчивого развития, а также необходимо разработать механизмы по реализации социальных и демографических мер, способствующих увеличению численности населения и формированию современной инфраструктуры в сельской местности [4].

Особое внимание следует уделить научно-методическому сопровождению деятельности органов, ответственных за развитие сельских территорий, созданию образовательных программ и повышению квалификации специалистов, как органов государственной власти, так и местного самоуправления. Одновременно работники сельскохозяйственной отрасли и фермерских хозяйств должны проходить обучение в области устойчивого развития сельских территорий.

Для успешного достижения приоритетных задач устойчивого развития сельских территорий целесообразно опираться на четыре ключевые группы инструментов:

- оптимизация финансовой отчетности и обеспечение сбалансированности бюджетов;
- совершенствование форм и методов экономического развития;



**Рис. 3. Основные инструменты, обеспечивающие устойчивое развитие сельских территорий Тамбовской области**

– совершенствование нормативно-правового регулирования на всех уровнях управления;

– повышение эффективности работы государственных учреждений, предприятий и органов, ответственных за устойчивое развитие сельских территорий (рис. 3).

Устойчивое развитие сельских территорий признано одним из основных приоритетов реализации «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на период до 2030 года», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2022 года № 717. Принятая программа вызывает неоднозначную реакцию ученых и экспертов, поскольку не охватывала все вопросы, связанные с устойчивым развитием сельских территорий.

Опыт показывает, что достижение согласованных целей, в том числе сочетание федеральных и региональных мер поддержки, имеет важное значение для обеспечения скоординированного подхода к территориальному развитию при одновременном удовлетворении потребностей местного населения, включающих реализацию национальных проектов в сфере сельского хозяйства, здравоохранения, образования и жилищного строительства, а также государственных и целевых программ по различным направлениям развития.

Основополагающим условием устойчивого развития является улучшение финансовых и бюджетных ресурсов на местном уровне. Одной из важнейших трудностей в данной области является отсутствие научно обоснованных подходов, позволяющих выявить наиболее важные аспекты данной области. Важно работать сообща над улучшением качества продукции и услуг, предлагаемых организациями [5].

Для эффективного сочетания форм финансовой поддержки на всех уровнях бюджетов необходим комплексный подход, требующий четкого определения финансовых задач и правил перевода средств между бюджетами, а также четкого определения критериев финансовой поддержки муниципалитетов. Часть доходов от подоходного налога должна оставаться на региональном и местном уровнях, что создаст положительный стимул для новых инвестиций и рабочих мест, а также поддержки малого и среднего предпринимательства.

Для обеспечения сбалансированности местных бюджетов необходимо привести объемы текущих расходных обязательств в соответствие с реальными источниками доходов и покрыть дефицит. Приоритетом должно стать увеличение налоговых поступлений за счет привлечения и поддержки частных инвестиций в модернизацию и создание новых производств, стимулирование инновационной деятельности, повышение производительности труда и развитие малого и среднего предпринимательства [6].

Основное внимание следует уделить мобилизации существующих местных источников доходов, увеличению налоговых поступлений и поддержке неналоговых доходов. Кроме того, важна комплексная инвентаризация муниципальных активов, включая землю, которая может быстро дать ощутимые результаты.

Главными задачами налоговой политики муниципального округа на ближайшую перспективу являются создание устойчивой базы собственных доходов и создание стимулов к их увеличению при сохранении умеренной налоговой нагрузки на бизнес в целях привлечения инвесторов и увеличения объемов инвестиций.

Особое значение приобретают механизмы, обеспечивающие устойчивое развитие сельской экономики, среди которых ключевое место занимает развитие инновационных процессов, привлечение инвестиций и реализация пилотных экономических проектов стратегического характера.

Внедрение инновационных технологий в аграрный сектор экономики считается фундаментальным фактором достижения устойчивости. Параллельно важна поддержка развития сельскохозяйственной потребительской кооперации, которая помогает мелким производителям получать доступ к финансированию и обеспечивать потребности в производственных услугах [7].

Государственно-частное партнерство играет критически важную роль в укреплении устойчивости сельских территорий. Основными инструментами поддержки выступают повышение эффективности работы всех звеньев – от органов власти и бизнеса до организаций, а также активное использование успехов в формировании региональных кластеров.

Интегрированное управление земельными ресурсами в сочетании с пространственным планированием является ключевым фактором рационального использования земель и природных богатств. Для оптимизации землепользования необходимо разрабатывать профессиональные планы и обеспечивать координацию управленческих решений.

Кроме того, значимое место занимает научно обоснованное формирование стратегий развития на местном и региональном уровнях, а также подготовка рекомендаций по совершенствованию нормативно-правовой базы и внедрению инновационных технологий, направленных на устойчивое развитие сельских территорий.

## Заключение

Внедрение комплекса мероприятий для устойчивого развития сельских территорий создаст условия для достаточной занятости и повышения заработных плат среди населения региона, что в дальнейшем будет способствовать общему повышению уровня жизни населения.

### Список литературы

1. Греков, А. Н. Перспективы реформирования органов местного самоуправления в Тамбовской области / А. Н. Греков, Е. Н. Ряшина // Стратегические направления развития экономики, финансов и бухгалтерского учета в современных условиях. Информационно-правовое обеспечение ГАРАНТ как комплексная профессиональная поддержка образовательной и научной деятельности : материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Мичуринск-Наукоград, 2024. – С. 45 – 48.

2. Устойчивое развитие АПК – важнейшая стратегическая цель современной государственной политики / А. Н. Греков, Н. И. Греков, М. В. Левина, М. А. Соломахин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(69). – С. 216 – 220.

3. Летуновский, А. С. Активизация инновационной деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей региона / А. С. Летуновский // Стратегические направления развития экономики, финансов и бухгалтерского учета в современных условиях. Информационно-правовое обеспечение ГАРАНТ как комплексная профессиональная поддержка образовательной и научной деятельности: материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Мичуринск-Наукоград, 2024. – С. 81 – 84.

4. Грекова, Н. С. Инвестиционная привлекательность АПК региона / Н. С. Грекова, Р. Е. Хворов // Вызовы современности и стратегическое развитие аграрной экономики (VI Шаляпинские чтения) : материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Мичуринск, 2023. – С. 189 – 193.

5. Карайчев, А. С. Современное состояние сельского хозяйства Тамбовской области / А. С. Карайчев // Траектории социально-экономического развития региона в условиях внешнеполитического санкционного давления : материалы II Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Курск, 2024. – С. 101 – 106.

6. Бабкина, Е. С. Проблемы стратегического развития муниципальных образований / Е. С. Бабкина, Е. В. Смагин, А. А. Бабкина // Стратегические направления развития экономики, финансов и бухгалтерского учета в современных условиях. Информационно-правовое обеспечение ГАРАНТ как комплексная профессиональная поддержка образовательной и научной деятельности : материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Мичуринск-Наукоград, 2024. – С. 103 – 106.

7. Соломахин, М. А. Развитие сельскохозяйственного производства в Российской Федерации в условиях действия санкций / М. А. Соломахин, Н. Ю. Кузичева // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических программ АПК : сб. ст. по материалам Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Курган, 2023. – С. 162 – 168.

### References

1. Grekov A.N., Ryashina Ye.N. *Strategicheskiye napravleniya razvitiya ekonomiki, finansov i bukhgalterskogo ucheta v sovremennykh usloviyakh. Informatsionno-pravovoye obespecheniye GARANT kak kompleksnaya professional'naya podderzhka obrazovatel'noy i nauchnoy deyatel'nosti: materialy*

*Vseros. (natsional'noy) nauch.-prakt. konf.* [Strategic Directions for the Development of Economics, Finance, and Accounting in Modern Conditions. Information and Legal Support of GARANT as Comprehensive Professional Support for Educational and Scientific Activities: Proc. of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conf.], Michurinsk-Naukograd, 2024, pp. 45-48. (In Russ.)

2. Grekov A.N., Grekov N.I., Levina M.V., Solomakhin M.A. [Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex – the Most Important Strategic Goal of Modern Public Policy], *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University], 2022, no. 2(69), pp. 216-220. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Letunovskiy A.S. *Strategicheskiye napravleniya razvitiya ekonomiki, finansov i bukhgalterskogo ucheta v sovremennykh usloviyakh. Informatsionno-pravovoye obespecheniye GARANT kak kompleksnaya professional'naya podderzhka obrazovatel'noy i nauchnoy deyatel'nosti: materialy Vseros. (natsional'noy) nauch.-prakt. konf.* [Strategic directions for the development of economics, finance and accounting in modern conditions. Information and legal support of GARANT as a comprehensive professional support for educational and scientific activities: Proc. of the All-Russian (National) Scientific and Practical. Conf], Michurinsk-Naukograd, 2024, pp. 81-84. (In Russ.)

4. Grekova N.S., Khvorov R.Ye. *Vyzovy sovremennosti i strategicheskoye razvitiye agrarnoy ekonomiki (VI Shalyapinskiye chteniya): materialy Vseros. (natsional'noy) nauch.-prakt. konf.* [Challenges of our time and strategic development of the agrarian economy (VI Chaliapin Readings): Proc. of the All-Russian (National) Scientific and Practical. Conf], Michurinsk, 2023, pp. 189-193. (In Russ.)

5. Karaychev A.S. *Trayektorii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona v usloviyakh vneshnepoliticheskogo sanktsionnogo davleniya: materialy II Vseros. (natsional'noy) nauch.-prakt. konf.* [Trajectories of the Region's Socioeconomic Development under the Conditions of Foreign Policy Sanction Pressure: Proc. II All-Russian (National) Scientific and Practical Conf.], Kursk, 2024, pp. 101-106. (In Russ.)

6. Babkina Ye.S., Smagin Ye.V., Babkina A.A. *Strategicheskiye napravleniya razvitiya ekonomiki, finansov i bukhgalterskogo ucheta v sovremennykh usloviyakh. Informatsionno-pravovoye obespecheniye GARANT kak kompleksnaya professional'naya podderzhka obrazovatel'noy i nauchnoy deyatel'nosti: materialy Vseros. (natsional'noy) nauch.-prakt. konf.* [Strategic Directions for the Development of Economics, Finance, and Accounting in Modern Conditions. Information and Legal Support of GARANT as Comprehensive Professional Support for Educational and Scientific Activities: Proc. of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conf.], Michurinsk-Naukograd, 2024, pp. 103-106. (In Russ.)

7. Solomakhin M.A., Kuzicheva N.Yu. *Inzhenernoye obespecheniye v realizatsii sotsial'no-ekonomicheskikh programm APK: sb. st. po materialam Vseros. (natsional'noy) nauch.-prakt. konf.* [Engineering Support in the Implementation of Socioeconomic Programs in the AIC: Collection of Articles Based on the Materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conf.], Kurgan, 2023, pp. 162-168. (In Russ.)

## **Main Directions and Tools of Sustainable Development of Rural Areas of the Region**

**V. A. Solopov, E. S. Mishchenko, N. V. Zlobina,  
N. V. Karamnova, V. M. Belousov**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia;  
Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*

**Keywords:** agricultural sector; directions and tools of sustainable development; rural areas; Tambov region; sustainable development; regional economy.

**Abstract:** A comprehensive analysis of the impact of the agricultural sector on the sustainable development of rural areas of the region is carried out. Particular attention is paid to issues of engineering infrastructure and social support of rural areas. The key areas contributing to the long-term development of rural areas are identified and systematized by economic, social, demographic, environmental and institutional aspects. The main instruments ensuring sustainable development of rural areas of the Tambov Region are defined, including the creation and improvement of the legislative framework aimed at supporting development at the federal, regional and municipal levels; improving economic growth models; optimizing financial and budgetary relations; increasing the efficiency of the legislative and executive authorities at all levels of government.

---

© В. А. Солопов, Е. С. Мищенко, Н. В. Злобина,  
Н. В. Карамнова, В. М. Белоусов, 2025

### *Теория и методика обучения и воспитания*

УДК 372.8

DOI: 10.17277/voprosy.2025.03.pp.113-125

#### **USING CLIL IN TEACHING CHINESE STUDENTS ENROLLED IN RUSSIAN-TAUGHT ENGINEERING PROGRAMS AT A TECHNICAL UNIVERSITY**

**I. V. Giasova, N. A. Gunina**

*Moscow State National Research University of Civil Engineering, Moscow, Russia; Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** CLIL; scaffolding techniques; course design; Chinese students.

**Abstract:** The growing globalization of higher education necessitates the development of specialized courses that address the unique cultural and educational needs of international students. This article describes the experience of teaching the course "Fundamentals of Architectural and Construction Design" to a group of students from the People's Republic of China studying technical disciplines at the National Research University "Moscow State University of Civil Engineering". It examines the challenges associated with developing courses in specialized subjects for Chinese students studying in Russian at Russian universities. A survey was conducted with 22 Chinese students to gather information about their needs and the difficulties they face while mastering the course "Fundamentals of Architectural and Construction Design". Factors influencing motivation were identified, and an assessment of language proficiency was carried out. The survey consisted of 10 questions with multiple-choice answers. The use of CLIL (Content and Language Integrated Learning) technology is proposed to enhance both language proficiency and comprehension of technical subjects. The importance of adapting course content, educational materials and teaching methods is emphasized to improve academic and social integration for students. Scaffolding methods employed by the instructor can help overcome language barriers and enhance the learning experience for Chinese students in a multicultural educational environment.

---

Гиясова Ирина Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Архитектурно-строительное проектирование и физика среды», НИУ «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия; Гунина Наталия Александровна – кандидат филологических наук, доцент, заведующий кафедрой «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», e-mail: natalya\_gunina\_mail.ru, ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

## Introduction

The trend toward the internationalization of education has gained significant momentum in recent years, as universities seek to attract a diverse student body and prepare graduates for a globalized workforce. This movement is characterized by the development of tailor-made courses designed specifically for international students, addressing their unique needs and cultural backgrounds. For instance, institutions like Moscow National Research University of Civil Engineering (MGSU) offer specialized programs in engineering majors, which incorporate global perspectives and cross-cultural competencies. Similarly, other major universities in Russia provide customized pathways and support systems that facilitate the integration of international students into its academic community. Additionally, some universities, such as Tambov State Technical University (TSTU) offer International Foundation Programs to facilitate international students' transition into higher education by equipping them with essential academic skills, Russian language proficiency and cultural knowledge. Through these efforts, universities are not only enhancing their appeal to global learners but also enriching the educational experience for all students by fostering a multicultural learning environment.

In the increasingly globalized landscape of higher education, the number of international students choosing to study at Russian universities is steadily rising. This influx brings several advantages, including improved positions in global rankings and enhanced reputation among prospective students. However, the growing presence of international students also presents challenges for universities, particularly the need to provide customized courses that cater to their diverse needs.

Traditionally, universities provide courses in the local language, although some also offer programs in English. English Medium Instruction (EMI) and Content and Language Integrated Learning (CLIL) have emerged as two prominent approaches for teaching in a foreign language, particularly in non-native contexts. EMI primarily focuses on delivering academic content in English, catering for the needs of international students and fostering an English-speaking academic environment. In contrast, CLIL emphasizes the simultaneous development of both language skills and subject content knowledge, aiming to enhance students' proficiency in the target language alongside their understanding of specific disciplines. Numerous studies have explored the effectiveness and implications of these approaches, including research by Macaro (2018), examining the impact of EMI on student engagement and learning outcomes [1], Doiz (2006), focusing on linguistic demands of students and the need students may feel for some form of language assistance [2], Dalton-Puffer (2011) and Kim (2018), investigating the pedagogical practices within CLIL classrooms [3, 4]. Multiple studies highlight the diverse educational strategies employed in universities worldwide, shedding light on how EMI and CLIL can shape student experiences and academic success in an increasingly interconnected world [5 – 7].

Content and Language Integrated Learning is an educational approach where subjects are taught in a foreign language. This method aims to promote both language proficiency and subject knowledge simultaneously, creating

a more holistic learning experience. Content and Language Integrated Learning is widely used in various educational contexts around the world, especially in multilingual settings [4].

The term was introduced in the mid-1990s by D. Marsh. It is an umbrella term for the following approaches:

- CBI – Content-based instruction;
- CBLI – Content-based language instruction;
- CBLT – Content-based language teaching;
- Dual-focused language education;
- LAC – Languages across the curriculum;
- Immersion instruction;
- Bilingual education [8].

Teaching professional courses to international students presents a unique set of challenges and considerations. When designing such courses it is necessary to take into account a number of problems that educators and course designers might face with. To begin with, it is crucial to understand the cultural differences between Russian-speaking lecturers and international students. They can even result in misunderstanding or cultural clashes. Language barriers might also be an issue, especially when it comes to using specialized vocabulary and terminology. International students come from different countries and have diverse educational backgrounds, which might differ from those that domestic students have. This can be especially challenging when international and domestic students are enrolled in the same group and have to master the same course.

Despite their strong academic backgrounds, many Chinese students face significant challenges when studying in a foreign language environment. These challenges include navigating complex technical vocabulary in Russian, adapting to different pedagogical styles, and overcoming cultural barriers that may hinder their engagement and learning.

To mitigate these challenges, educators can employ scaffolding techniques – strategies designed to provide temporary support that enables students to achieve greater independence in their learning. Scaffolding is particularly crucial in CLIL contexts, where the dual focus on content and language can overwhelm learners without appropriate guidance [9].

This paper seeks to explore the scaffolding techniques that can be effectively utilized in teaching Chinese students in Russia, specifically within the CLIL framework. By identifying and analyzing these techniques, the research aims to provide educators with practical strategies that enhance both content understanding and language proficiency.

Thus, the central research question guiding this study is: “What scaffolding techniques can be used in teaching Chinese students in Russia?” This question aims to uncover effective methods that support these learners in navigating the complexities of their educational environment.

## **Materials and Methods**

The study was conducted using a comprehensive survey targeting Chinese students enrolled in the “Fundamentals of Architectural and Construction Design” course. The primary objective of the survey was to gather

valuable insights into the students' academic goals, interests, and preferred learning methods. By understanding these factors, educators can tailor the curriculum to better meet the needs of the students.

### *Participant Selection*

The participants for this survey were selected from a cohort of 22 students enrolled in the Civil Engineering major at Moscow State National Research University of Civil Engineering. All students were engaged in a course titled “Fundamentals of Architectural and Construction Design”, which was conducted in Russian. The selection criteria ensured that all participants had relevant exposure to the course content, making them suitable respondents for the survey. The choice of this specific group allowed for focused insights into their experiences and perceptions regarding the course, particularly in the context of learning in a non-native language.

### *Survey Design*

The survey was designed to gather quantitative data through 10 multiple-choice questions, aimed at understanding the students' goals, interests, preferences, challenges, and motivations related to the course. The use of Google Forms facilitated easy distribution and collection of responses, ensuring anonymity and encouraging honest feedback.

The survey intended to collect information about students' objectives, interests, preferred learning methods in the “Fundamentals of Architectural and Construction Design” course. Additionally, it aimed to identify challenges, the areas that could be enhanced, motivational influences, and evaluate language proficiency pertinent to the course.

## **Results and Discussion**

### *CLIL vs. Russian-taught courses*

CLIL is grounded in several key educational theories that enhance its effectiveness. One of the foundational theories is constructivism, which emphasizes the importance of students actively constructing their own understanding through experiences and interactions with both content and language. This approach encourages learners to engage deeply with the material, fostering a more personalized learning journey. Additionally, sociocultural theory plays a significant role in CLIL by highlighting the importance of social interaction in the learning process. This aligns perfectly with CLIL's focus on collaboration and communication among peers, as students often work together to explore and understand new concepts. Finally, task-based language learning (TBLL) is integral to CLIL, as it centers on the use of meaningful tasks that promote language use in context. This approach ensures that language learning is not just theoretical but is applied in practical situations, enhancing both language proficiency and content comprehension. Together, these theories create a robust framework that supports the dual goals of CLIL: content mastery and language acquisition [6 – 10].

CLIL and teaching professional courses in Russian (are both approaches to teaching in a second language, but they have distinct characteristics and goals.

Table 1

**Comparison of CLIL and Teaching professional courses in Russian**

Aspects	Content and Language Integrated Learning	Teaching professional courses in Russian
Focus	The primary aim is to teach both <b>content</b> (e.g., science, history) and a <b>foreign language</b> simultaneously. It emphasizes the integration of language learning with subject content.	The focus is on delivering <b>academic content</b> in a foreign language, often without a specific emphasis on language development. The primary goal is to teach the subject matter using a foreign language as the medium of instruction.
Language development	Language acquisition is an integral part of the learning process. Developing students' language skills alongside their understanding of the subject matter, often incorporating language objectives into lesson plans	While language proficiency is important, it does not typically prioritize language learning. Students are expected to already have a certain level of proficiency in a foreign language to engage with the content effectively
Curriculum design	Lessons are designed with both content and language objectives in mind. Teachers often use scaffolding techniques to support language development while teaching content	The curriculum is usually designed around the subject matter, with a foreign language serving as the medium of instruction. There may be less emphasis on adapting materials or teaching methods to support language learners
Learners	Often used in contexts where students are non-native speakers of the language of instruction, aiming to develop both content knowledge and language skills	Typically found in higher education institutions where the language of the country is used as the medium for international students, focusing primarily on delivering academic content
Teaching methodology	Employs interactive and communicative teaching methods that promote active engagement, collaboration, and critical thinking while learning both content and language	May rely more on traditional lecture-based methods, focusing primarily on content delivery, with less emphasis on interaction or language support
Assessment	Assessment often includes both content knowledge and language proficiency, evaluating students on their ability to use language in context	Assessment focuses primarily on content understanding, with less direct evaluation of language skills unless explicitly stated

While both CLIL and EMI involve teaching through a second language, CLIL places a stronger emphasis on integrating language learning with content knowledge, whereas EMI focuses primarily on delivering content in English without a specific focus on enhancing language skills.

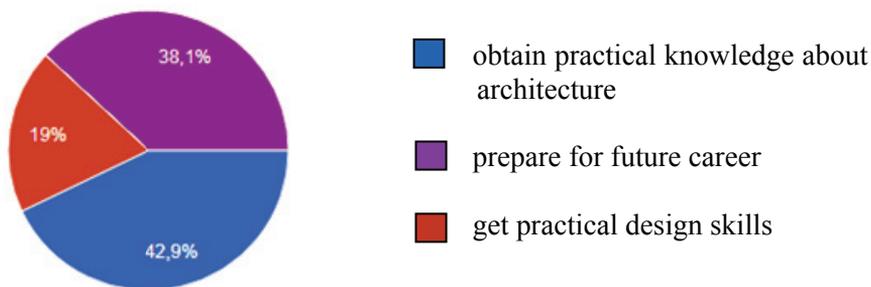
### *Survey findings*

The survey questions covered a range of important aspects regarding the experiences and needs of Chinese students studying at Moscow State University of Civil Engineering, particularly in the context of a course on “Fundamentals of Architectural and Construction Design. Below, we provide the findings of the survey.

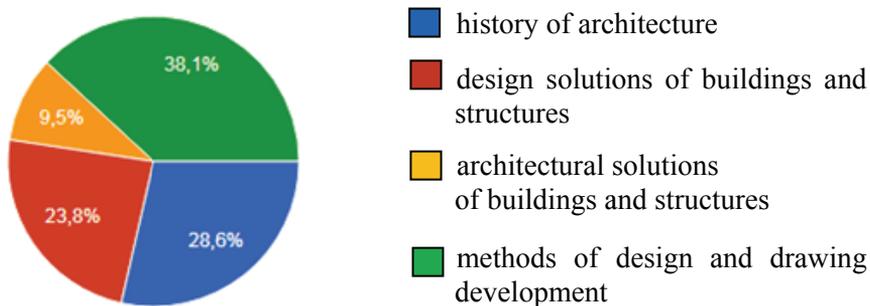
The first question was about the learning objectives that the Chinese students have in studying the course. Understanding students’ goals can provide insights into their motivations. The findings revealed a mix of personal and professional aspirations, which can guide curriculum adjustments.

As can be seen from the diagram (Fig. 1), 42.9 % of the surveyed want to obtain practical knowledge about architecture. Slightly more than 38% think that the course will prepare them for their future career, 19% hope to get practical design skills. Surprisingly, none of the respondents chose the options “developing critical thinking” and “boosting professional terminology”.

The second question was about the topics that the students find the most relevant in the course. Identifying specific topics that resonate with students can help tailor the course content to better engage them. As can be seen from the diagram in Fig. 2, the findings were as follows: History of architecture (28.6 %), Design solutions of buildings and structures (23.8 %), Architectural solutions of buildings and structures (9.5 %), Methods of design and drawing development (38.0 %).



**Fig. 1. Learning objectives in studying the course**



**Fig. 2. Topics of interest**

Obviously, since many students expressed interest in design and development of drawings, it could be emphasized in the syllabus.

Another question which is crucial for understanding how students learn best is the choice of the most preferred learning format. Preferences for lectures, hands-on projects, or online resources can inform teaching methods and course delivery, ensuring that it aligns with students' learning styles. The diagram in Fig. 3 shows that the Chinese students gave preferences to practical classes (38.1 %) and team hand-on projects (28.6 %), while lectures and online courses remained less favorable options selected by 19.0 and 14.3 % of the respondents, respectively. Nobody chose the option "one-to-one consultations". Presumably, Chinese students are not used to asking questions and clarifying concepts directly with their instructors. This can be explained by cultural factors. In some cases, students may feel hesitant to approach teachers due to traditional respect for authority or a belief that they should be able to solve problems independently. This can lead to a more independent study approach, particularly among younger students.

Knowing what resources students intend to use (textbooks, online platforms, peer collaboration) can help instructors recommend additional materials or create a resource hub that supports their learning. The diagram in Fig. 4 shows students' preferences in learning resources.

Interestingly, the majority of the respondents are likely to use textbooks and tutorials (52.4 %), software tools, e.g. NanoCAD (23.8 %), video classes and online tutorials (19.0 %). The least popular option was one-to-one consultations with a tutor (5.0 %). This can be explained by the fact that Chinese students tend to study independently.

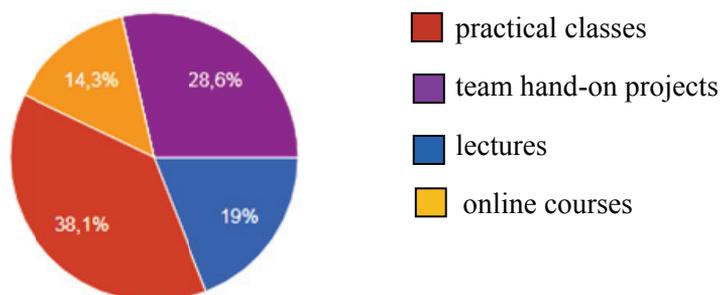


Fig. 3. Preferred learning format

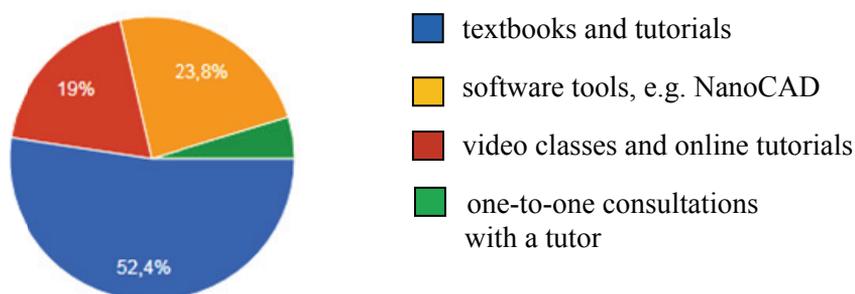


Fig. 4. Study resources

The survey also included the question about skills that students seek to develop. The responses help to pinpoint what competencies students intend to gain.

As the diagram in Fig. 5 demonstrates, the overwhelming majority express the desire to improve technical drawing skills (85 %). The other two options – ‘critical analysis of architectural projects’ and ‘teamwork and collaboration with colleagues’ were chosen by 5.0 and 10.0 %, respectively. Obviously, these areas have to be prioritized in the curriculum.

The study revealed that only 15 % of the respondents had substantial experience in architecture or design, and 35 % of those surveyed had little experience, while 35 % had no experience, with 15 % expressing interest in studying the topic (Fig. 6).

Understanding students' backgrounds can help tailor instruction to different skill levels. Those with prior experience may benefit from advanced topics, while beginners might need more foundational support.

When designing a course, especially for international students, it is crucial to identify common challenges (language barriers, complex concepts, cultural differences) that can guide instructors in providing additional support, such as tutoring or supplementary materials. The survey revealed that 38.1 % of the respondents have the language barrier, 33.3 % of the surveyed have difficulty mastering the theoretical material and 28.6 % have problems with using design software (Fig. 7).

The study revealed the reasons behind low motivation of students. Almost half of the Chinese students (42.9 %) complained about the insufficient amount of practical examples; 33.3 % think that the course has complicated topics, 19.0 % of the respondents believe that the course has little practical value for the future career, 4.8 % complained about lack of assistance from the faculty (Fig. 8). Understanding the reasons is essential for addressing student engagement.

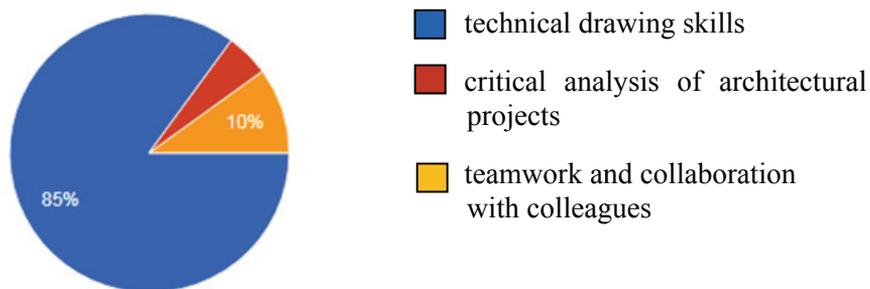


Fig. 5. Skills development

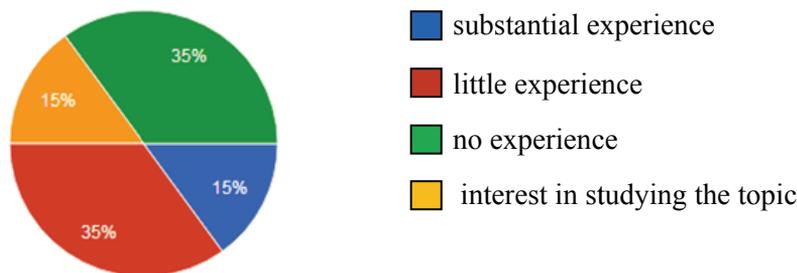
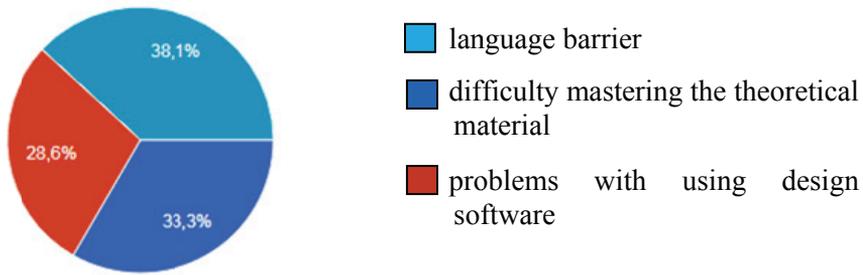
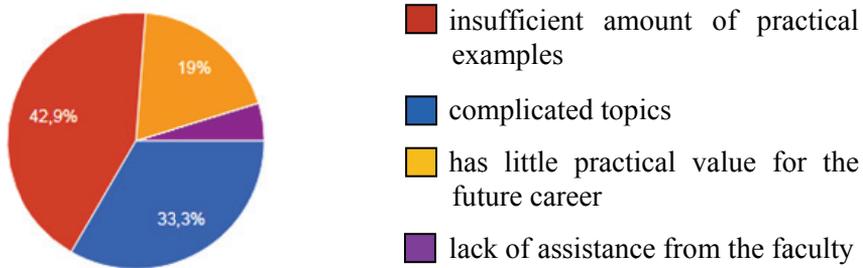


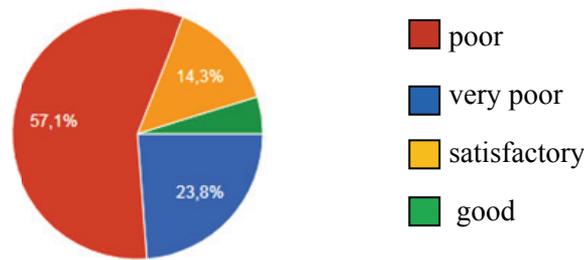
Fig. 6. Prior experience in architecture or design



**Fig. 7. Difficulties in studying the course**



**Fig. 8. Reasons for lack of motivation**



**Fig. 9. Proficiency in Russian**

Language proficiency is critical in a Russian university context. Unfortunately, more than half of the Chinese students (57.1 %) rated their level as poor, 23.8 % – very poor, 14.3 % – satisfactory, 4.8 % – good (Fig. 9). The responses revealed that additional language support is necessary; the course materials need simplification to accommodate varying levels of proficiency.

Overall, the survey findings provided valuable insights into the educational experience of Chinese students in a Russian university setting. A diverse range of prior experiences showed the necessity for differentiated instruction, and the need for more interactive and engaging learning formats. The main challenges are related to language barriers impacting comprehension and participation, complexity of theoretical learning materials and insufficient competency in software tools.

#### *Scaffolding techniques in the CLIL classroom*

The problems and challenges identified in the survey could be addressed through scaffolding techniques. In contemporary pedagogical literature, scaffolding is often viewed as a methodology that aims to provide support to

learners and maximize their abilities and skills. This is achieved through carefully structured pedagogical support from university instructors, which gradually diminishes to encourage greater independence in students' actions and decision-making and setting learning objectives [10]. It can be defined as a framework for educational activities in which the teacher facilitates the student's understanding of the material, aiding their progression from simple concepts to more complex ones [11, p. 52]. Therefore, a university educator, when implementing scaffolding techniques creates an environment conducive to students' self-realization and motivates them toward independence and self-confidence.

Bearing in mind the challenges that international students face when mastering a program in a local language, scaffolding techniques seem to be crucial in supporting Chinese students in Russian-taught engineering programs as they help bridge the gap between their existing knowledge and the new content being introduced.

Scaffolding techniques are aimed at providing language support, reducing cognitive load, building confidence, encouraging independence and promoting cultural exchange. The survey revealed that many Chinese students struggle with the Russian language, especially technical vocabulary. Scaffolding provides a framework that helps them understand complex concepts gradually. Scaffolding techniques break down complex information into manageable parts, reducing cognitive overload and allowing students to focus on understanding one concept at a time. By providing structured support, scaffolding helps students gain confidence in their abilities, encouraging them to engage more actively in their studies. As students become more comfortable with the material, scaffolding can be gradually removed, fostering independent learning and critical thinking skills. Scaffolding can also help students navigate cultural differences in educational practices, making it easier for them to adapt to a new academic environment.

Scaffolding techniques implemented in the “Fundamentals of Architectural and Construction Design” course included pre-teaching vocabulary, collaborative learning, structured notes and plans, and individual consultations. Each of these techniques facilitates the learning process and improves student engagement.

#### *Pre-teaching vocabulary*

Introducing terminology and specialized technical vocabulary helps improve the understanding of complex topics. Knowing key terminology will help students feel more confident, especially when dealing with complex material. Another way to make learning easier is to use visual aids such as diagrams, charts, and videos. This will help students with different learning styles to understand the material more easily and make complex ideas more accessible. Teachers will use these tools to promote understanding of the subject matter.

#### *Collaborative learning*

Collaborative learning plays an important role in student achievement, especially for those studying in a bilingual environment. Encouraging group work and pairing between Chinese students and Russian-speaking peers was a good solution to develop language support and deepen understanding through collaboration.

### *Structuring lectures*

Providing structured notes or outlines during lectures helped students formulate their thoughts and follow the material. The materials were supplemented with culturally relevant examples and case studies to make the content more interesting for students from different backgrounds.

### *Individual consultations*

To further support student learning, a one-on-one consultation program was introduced, providing additional help outside of regular classes. This helped to create an open environment where students could freely ask questions. In this way, teachers tried to create a more supportive and effective learning environment that met the specific needs and preferences of their students.

By doing this, educators tried to create a more supportive and effective learning environment that addresses the specific needs and preferences of their students.

## **Conclusion**

The swift economic changes we have witnessed recently highlight the interconnectedness of nations and underscore the importance of effective communication across languages and cultures. The study revealed that in the CLIL classroom students develop subject-specific literacies in two languages, enabling them to explore tertiary studies and employment opportunities beyond their home countries. This can help them establish intercontinental networks much earlier than many of their peers in mainstream schools.

### *References*

1. Macaro E., Curle S., Pun J., An J., Dearden J. A systematic review of English medium instruction in higher education, *Language Teaching*, 2018, vol. 51, no. 1, pp. 36-76, doi:10.1017/S0261444817000350
2. Doiz A., Costa F., Lasagabaster D., Mariotti, C. Linguistic demands and language assistance in EMI courses. What is the stance of Italian and Spanish undergraduates? *Lingue e Linguaggi*, 2019, no. 33, pp. 69-85, doi: 10.1285/i22390359v33p69
3. Dalton-Puffer C. Content-and-Language Integrated Learning: From Practice to Principles? *Annual Review of Applied Linguistics*, 2011, no. 1, pp. 182-204. doi: 10.1017/S0267190511000092
4. Kim J., Kim E. Challenges in implementing English-medium instruction: Perspectives of humanities and social sciences professors teaching engineering students. *English for Specific Purposes*, 2018, vol. 51, no. 5, pp. 111-123, doi: 10.1016/j.esp.2018.03.005
5. Graham K.M., Choi Y., Davoodi A., Razmeh S., Dixon L.Q. Language and content outcomes of CLIL and EMI: A systematic review, *Latin American Journal of Content and Language Integrated Learning*, 2018, vol. 11, no. 1, pp. 19-37. doi: 10.5294/laclil.2018.11.1.2
6. Carrió-Pastor M.L. CLIL vs EMI: Different Approaches or the Same Dog with a Different Collar? In: Carrió-Pastor M.L., Bellés-Fortuño B. (Eds.) *Teaching Language and Content in Multicultural and Multilingual Classrooms*. Palgrave Macmillan, Cham. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-56615-9\_2
7. Gunina N.A., Voyakina E.Yu., Koroleva L.Yu., Mordovina T.V. Content and language intergraded learning in foreign language courses for engineering students,

*Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2021, no. 2(80), pp. 107-127. doi: 10.17277/voprosy.2021.02.pp.107-127

8. Marsh D. *Bilingual education and content and language integrated learning: International association for cross-cultural communication, language teaching in the member states of the European Union (Lingua)*, Paris: University of Sorbonne, 1994, 525 p.

9. Zwiers J. Integrating academic language, thinking, and content: Learning scaffolds for non-native speakers in the middle grades. *Journal of English for Academic Purposes*. 2006, vol. 5, no. 4, pp. 317-332. doi: 10.1016/j.jeap.2006.08.005

10. Bykovskikh O.I. [Scaffolding as a type of pedagogical support in the implementation of subject-language integrated learning], *Kaliningradskiy vestnik obrazovaniya* [Kaliningrad Bulletin of Education], 2022, vol. 2(14), pp. 22-29. (In Russ., abstract in Eng.)

11. Dubinina G.A. [Application of educational scaffolding in content-language integrated teaching of specialized university disciplines], *Gumanitarnyye nauki. Vestnik finansovogo universiteta* [Humanities. Bulletin of the Financial University], 2022, vol.12, no 1, pp. 51-55. (In Russ., abstract in Eng.)

#### *Список литературы*

1. A systematic review of English medium instruction in higher education / E. Macaro, S. Curle, J. Pun, J. An, J. Dearden // *Language Teaching*. – 2018. – Vol. 51, No. 01. – P. 36 – 76. doi: 10.1017/S0261444817000350

2. Linguistic demands and language assistance in EMI courses. What is the stance of Italian and Spanish undergraduates? / A. Doiz, F. Costa, D. Lasagabaster, C. Mariotti // *Lingue e Linguaggi*. – 2019 – No. 33. – P. 69 – 85. doi: 10.1285/i22390359v33p69

3. Dalton-Puffer, C. Content-and-Language Integrated Learning: From Practice to Principles? / C. Dalton-Puffer // *Annual Review of Applied Linguistics*. – 2011. – No. 1. – P. 182 – 204. doi: 10.1017/S0267190511000092

4. Kim, J. Challenges in Implementing English-Medium Instruction: Perspectives of Humanities and Social Sciences Professors Teaching Engineering Students / J. Kim, E. Kim // *English for Specific Purposes*. – 2018. – Vol. 51, No. 5. – P. 111 – 123. doi: 10.1016/j.esp.2018.03.005

5. Language and Content Outcomes of CLIL and EMI: A Systematic Review / K. M. Graham, Y. Choi, A. Davoodi, S. Razmeh, L. Q. Dixon // *Latin American Journal of Content and Language Integrated Learning*. – 2018. – Vol. 11, No. 1. – P. 19 – 37. doi: 10.5294/laclil.2018.11.1.2

6. Carrió-Pastor, M. L. CLIL vs EMI: Different Approaches or the Same Dog with a Different Collar? // In: Carrió-Pastor M.L., Bellés-Fortuño B. (Eds.) *Teaching Language and Content in Multicultural and Multilingual Classrooms*. Palgrave Macmillan, Cham. – 2021. doi: 10.1007/978-3-030-56615-9\_2

7. Gunina, N. A. Content and Language Intergated Learning in Foreign Language Courses for Engineering Students / N. A. Gunina, E. Yu. Voyakina, L. Yu. Koroleva, T. V. Morgovina // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2021. – № 2(80). – С. 107 – 127. doi: 10.17277/voprosy.2021.02.pp.107-127

7. Marsh, D. *Bilingual education and content and language integrated learning: International association for cross-cultural communication, language teaching in the member states of the European Union (Lingua)* / D. Marsh. – Paris : University of Sorbonne, 1994. – 525 p.

8. Zwiers, J. Integrating academic language, thinking, and content: Learning scaffolds for non-native speakers in the middle grades / J. Zwiers // Journal of English for Academic Purposes. – 2006. – Vol. 5, No. 4. – P. 317 – 332. doi: 10.1016/j.jeap.2006.08.005

9. Быковских, О. И. Скаффолдинг как вид педагогической поддержки при реализации предметно-языкового интегрированного обучения / О. И. Быковских // Калининградский вестник образования. – 2022. – № 2(14). – С. 22 – 29.

10. Дубинина, Г. А. Применение учебного скаффолдинга при контентно-языковом интегрированном обучении профильным дисциплинам вуза / Г. А. Дубинина // Гуманитарные науки. Вестник финансового университета. – 2022. – № 12. – С. 51 – 55.

---

### **Предметно-языковое интегрированное обучение китайских студентов профильным дисциплинам на русском языке в техническом вузе**

**И. В. Гиясова, Н. А. Гунина**

*НИУ «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** предметно-языковое интегрированное обучение; методы скаффолдинга; проектирование курса; китайские студенты.

**Аннотация:** Растущая глобализация высшего образования обуславливает необходимость разработки специализированных курсов, учитывающих особые культурные и образовательные потребности иностранных студентов. Представлен опыт преподавания дисциплины «Основы архитектурно-строительного проектирования» группе студентов из КНР, обучающихся на технических направлениях подготовки в НИУ «Московский государственный строительный университет». Рассмотрены проблемы, связанные с разработкой курсов по профильным дисциплинам для китайских студентов, обучающихся на русском языке в российских университетах. Проведен опрос 22 китайских студентов в целях получения информации о потребностях и трудностях, с которыми сталкиваются студенты в ходе освоения дисциплины «Основы архитектурно-строительного проектирования». Выявлены факторы, влияющие на мотивацию, проведена оценка уровня владения языком. Опрос включал 10 вопросов с несколькими вариантами ответов. Предложено использование технологии CLIL (предметно-языкового интегрированного обучения) для повышения как уровня владения языком, так и усвоения содержания технических дисциплин. Отмечена важность адаптации содержания дисциплины, учебных материалов, методик преподавания в целях повышения академической и социальной интеграции студентов. Методы скаффолдинга, используемые преподавателем, могут помочь преодолеть языковой барьер и повысить качество обучения китайских студентов поликультурной образовательной среде.

---

© И. В. Гиясова, Н. А. Гунина, 2025

## **СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦЕЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

**Т. Ю. Дорохова, Н. П. Пучков**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** качество профессиональной подготовки; практико-ориентированная подготовка; целевая интенсивная подготовка; целевая подготовка специалистов.

**Аннотация:** Представлена модель формирования системы обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе. Показано, что методология формирования такой системы включает четыре уровня, на каждом из которых реализуются теоретико-методологические подходы обеспечения качества, анализируются решаемые задачи и методы оценивания результатов. Предложены организационно-педагогические воздействия, обеспечивающие качество целевой подготовки на заданном заказчиком специалистов уровне и возможность внедрения системы в образовательную деятельность вуза. Дано уточнение понятия «целевая подготовка специалистов в вузе», наиболее соответствующее реалиям современной экономики в стране, на основе его рассмотрения как специальной педагогической системы.

### **Введение**

Осуществляемые когда-либо преобразования в сфере образования были нацелены на повышение его качества и, в более основательной форме – на обеспечение этого качества [1]. Под обеспечением качества образования понимается совокупность всех планируемых и систематически осуществляемых видов деятельности в рамках менеджмента качества, которые необходимы для создания достаточной уверенности в том, что объект (выпускник вуза) будет удовлетворять (выполнять в процессе своей деятельности) требования к качеству.

Поиск новых форм обучения, наиболее полно соответствующих требованиям предприятий-заказчиков специалистов, всегда был неотъемле-

---

Дорохова Татьяна Юрьевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: tandor81@mail.ru; Пучков Николай Петрович – доктор педагогических наук, профессор кафедры «Высшая математика», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

мой частью процесса развития отечественной высшей школы, поэтому попытки реформирования образовательного процесса с целью добиться более полного соответствия уровня технической подготовки инженерных кадров реальным потребностям производств предпринимались неоднократно.

В системе высшего образования практически всегда имела место целевая подготовка специалистов (работа по договорам с предприятиями-заказчиками), цель которой повысить уровень ответственности обучающегося перед предприятием, стимулировать его хорошую учебу для обеспечения возможности занять более престижное место работы. Одновременно при целевой подготовке значительное место в программе отводилось практической подготовке за счет организации практик студентов в сквозном порядке на рабочих местах. Участие работодателей в образовательном процессе (выбор содержания и программы обучения, консультации курсовых проектов, дипломных проектов по реальным производственным темам, изучение специфики производства) позволяет качественно выполнять реальные производственные, технологические проекты, подготовить более адаптированного к работе специалиста.

Целевая подготовка специалистов отличается еще и акцентом на индивидуальное информационное обеспечение обучающегося в соответствии со спецификой деятельности целевого предприятия, что усиливает «вживаемость» начинающего специалиста в будущую профессию, обеспечивая повышение качества образовательной услуги вуза.

В данном исследовании, в контексте рассматриваемой проблемы – обеспечение качества целевой подготовки в техническом вузе – это и *цель работы*, и основа создания новой педагогической системы [2].

Поскольку проблемы качества образования в современной социально-экономической обстановке весьма значимы в плане подготовки конкурентного специалиста, то и актуальность формирования системы обеспечения качества целевой профессиональной подготовки не вызывает сомнения. Однако проблема обеспечения качества профессиональной подготовки специалистов настолько сложна и объемна, что ее решение невозможно без опоры на широкий круг научно-методологических исследований.

### **Актуальность проблемы**

Изменившаяся в 90-е годы прошлого века социально-политическая и экономическая обстановка в стране повлияла на многие аспекты нашей жизни, в том числе и на подготовку кадров, на таком уровне, что зачастую требуется переосмысление даже понятийного аппарата, в частности, такого прозрачного понятия, как «целевая подготовка специалистов в вузе». Прежде это понятие имело в основном экономический и юридический смысл: как организовать финансирование такой подготовки, юридическое оформление договорной документации и т.п. В новых условиях заметно возросла роль педагогической составляющей, превратив целевое обучение в специальную педагогическую систему благодаря активизации деятельности нового участника образовательного процесса (компонента системы) – предприятия-заказчика, пожелавшего определять в большей, чем ранее, степени содержание обучения, его программу и качество.

В педагогическом плане это коснулось не только дополнительных профессиональных компетенций, но и личностных и социальных. Так, переход от массовых форм производства к многосерийному и многофункциональному потребовал необходимость формирования профессиональных компетенций, соответствующих содержанию более узкопрофессиональной деятельности. Изменился характер взаимоотношений сотрудников предприятий, их отношения к самому предприятию, выполняемой работе. Все это требует субъективного подхода для конкретного предприятия. Капиталистические формы организации труда усилили материальную ответственность за его результаты, а обеспечение требуемого уровня качества (в условиях конкуренции) стало первостепенным. Учитывая значимость конкурентоспособности современных предприятий в условиях, по сути, только наблюдательной политики государства, на ведущие позиции выступает такая компетентность, как «способность поддерживать корпоративные интересы», которые признаются движущей силой, объединяющей усилия различных субъектов для достижения общих целей. В связи с этим все дополнительные компетенции, затребованные предприятием-заказчиком, необходимо рассматривать через призму корпоративных интересов данного предприятия. Такая позиция, несомненно, будет способствовать повышению результативности педагогической системы обеспечения качества.

Участвуя в заключении договора о целевой подготовке, абитуриент знакомится с предприятием и автоматически неформально включается в область его корпоративных интересов, удовлетворение которых ведет к достижению не только целей корпоративной структуры, но и косвенно способствует получению им личных выгод. И если студент нецелевого обучения получает в основном теоретические сведения о таком феномене, как «корпоративные интересы», то студенты целевого обучения осваивают это на примере конкретного предприятия, своего заказчика, то есть налицо имеет место контекстная ситуация обучения.

Все эти обстоятельства стали находить отражение в договорах на целевую подготовку в виде отдельных приложений. В свою очередь вузы, чувствуя повышение ответственности, начали требовать более активного участия заказчика в образовательном процессе, в постоянном мониторинге качества подготовки, в процессе его обеспечения. В результате оказалось, что прежнее понятие «целевая подготовка специалистов в вузе» объективно нуждается в содержательном уточнении. Это не просто подготовка специалиста для конкретного предприятия за счет его средств или средств федерального бюджета с обязательной отработкой выпускника в течение определенного срока, а еще и педагогическая система, решающая задачи формирования значимых для предприятия компетенций на установленном качественном уровне, как профессионального, так и личностного характера. Таким образом, цель подготовки стала более содержательной благодаря педагогическому компоненту и, в большей мере, соответствующей требованиям к современному конкурентоспособному специалисту.

Формирование дополнительных компетенций естественно требует увеличения объема изучаемого материала, а также соответствующего пе-

речня умений и навыков и в конечном итоге увеличения затрат учебного времени при ограниченных сроках реализации образовательных программ. Выход из такой ситуации просматривается в использовании концентрированных форм обучения [3], в более эффективном использовании возможностей учебной и производственной практик, курсового и дипломного проектирования. И все это зачастую в условиях совместного группового обучения студентов целевого и нецелевого статуса.

Обозначенный широкий спектр возникших проблем инициировал развитие новых методологий и технологий проектирования системы целевой подготовки специалистов в вузе и обеспечения ее качества. В практике работы вузов существуют системы обеспечения качества подготовки специалистов (СОКПС), построенные на различной основе, но имеющие аналогичные структуры. Интересным представляется вопрос влияния на структуру СОКПС и ее функционирование любого нового компонента (например, при изменении условий обучения) и, в частности, на оценку ее эффективности. Таким обстоятельством может стать организация целевой подготовки специалистов в вузе при сохранении традиционных условий обучения, нацеленных на свободное трудоустройство выпускников.

Естественно, условия договоров содержат весь комплекс требований как к качеству обучения, так и условиям его обеспечения (финансовым, материально-техническим, кадровым, правовым, учебно-методическим и др.); основная задача вуза – придать этим требованиям системный характер, гарантирующий достижение поставленной цели – подготовки компетентного специалиста, обладающего комплексом качеств добросовестного и преданного профессии сотрудника предприятия-заказчика.

Обеспечение качества подготовки специалистов в условиях реализации педагогической системы целевой подготовки сопряжено и с обстоятельствами, как упрощающими этот процесс, так и создающими дополнительные трудности. В частности, включаются факторы, стимулирующие более ответственное отношение студентов к результатам обучения, делающие труд студентов более целенаправленным и управляемым на пути достижения требуемого качества. В то же время, включение в систему нового, активного компонента «заказчик» требует глубокого исследования образующихся системных связей, оптимизации модели обучения на совокупности принципов обеспечения (гарантии) качества. В определенной степени возникающие трудности объясняются наличием более субъективных и разнообразных характеристик предприятий-заказчиков и их трудовых коллективов по сравнению с характеристиками педагогических кадров вузов и их студентов. Последние более унифицированы и поддаются достаточной степени формализации при реализации системного подхода. С педагогической точки зрения аналогичные ситуации (участия или неучастия предприятия-заказчика) возникают в условиях, когда родители активно участвуют в процессе обучения своих детей или когда они ограничиваются своим формальным статусом.

Логично полагать, что включение дополнительного компонента «предприятие-заказчик» в педагогическую систему чревато и дополнительными трудностями обеспечения качества по причине появления фак-

торов негативного характера, таких, например, как низкий имидж предприятия (низкий уровень зарплат, отсутствие условий карьерного роста, плохие отношения в коллективе и т.п.), поэтому при построении СОКПС необходимо оценивать как входной уровень качества предлагаемых услуг предприятия-заказчика, так и возможности поддержания его показателей в определенных пределах на весь период обучения студента. В противном случае ставить задачу обеспечения качества проблематично.

### Научно-исследовательские результаты

Учитывая специфику проблемы, необходимо изучение ее на различных уровнях методологического анализа. В качестве методологической базы данного исследования научный интерес представляет работа [4]. Рассматриваемые в работе теоретические и методологические подходы можно использовать для решения двух вопросов проектирования системы обеспечения качества целевой подготовки:

- разработки модели формирования системы обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе;
- подбора организационно-педагогических воздействий, обеспечивающих качества целевой подготовки специалистов на обозначенном уровне.

Модель формирования системы обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе можно представить как четырехуровневую методологию (рис. 1):

- *философско-гносеологический методологический уровень* – подразумевает изучение потребностей рынка труда в специалистах и факторов, влияющих на структуру потребности рынка труда, на данном уровне обеспечения качества целевой подготовки, а также подбор комплекса маркетинга специалиста;

- *общенаучный методологический уровень* – позволяет выявить актуальные компетенции, на которые будет ориентирована система целевой подготовки; результатом работ на данном методологическом уровне является модель компетенций целевой подготовки (портрет специалиста).

В качестве самостоятельного элемента данной концептуальной модели выступает структура ресурсного обеспечения качества. Стратегия достигается в инновационной образовательной среде реализации системы и имеет в свою очередь два методологических уровня:

- *уровень конкретно-научной методологии*, разрешающий проблемы качественного выбора технологии реализации целевой подготовки в условиях конкретного технического вуза;

- *частнометодический методологический уровень*, позволяющий осуществить отбор и конструирование содержания целевой подготовки, обеспечивающий ее качество с позиции изменения сознания обучаемых и формирующий новое сознание приверженности осваиваемой специальности.

Конечным результатом будет выступать конкурентоспособность специалиста на рынке труда.

Методология формирования системы обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе представлена на рис. 2.



Рис. 1. Модель формирования системы обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе

Методологические уровни	Теоретико-методологические подходы	Задачи	Организационно-педагогические воздействия
<p>Философско-гносеологический</p>	<p>Системный</p>	<p>Целостное обозначение проблемы, учет при проектировании содержания целевой подготовки федеральных программ, направлений развития, постановлений Правительства РФ и т.д.</p>	<p>Комплекс маркетинга специалиста</p>
<p>Общенаучный</p>	<p>Системно-деятельностный</p>	<p>Формирование социального заказа; разработка дополнительных образовательных модулей, учебного плана целевой подготовки, критериев оценки качества подготовки</p>	<p>Соответствующие методики выявления актуальных компетенций, на которые должна быть ориентирована система целевой подготовки (в данном исследовании специализированные профессиональные компетенции)</p>
<p>Конкретно-научной методологии</p>	<p>Личностно-ориентированный</p>	<p>Использование организационных форм обеспечения качества, способов и педагогических воздействий</p>	<p>Методики выбора технологии организации системы целевой подготовки</p>
<p>Частно-методический</p>	<p>Личностный</p>	<p>Формирование твердой убежденности и уверенности в способности осуществлять профессиональную деятельность (к тому или иному виду деятельности), чувствительности (к ситуации успеха)</p>	<p>Педагогические воздействия и приемы конструирования содержания целевой подготовки, меняющие сознание обучаемых в целях повышения профессиональной приверженности профессии</p>

Рис. 2. Методология формирования системы обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе

В процессе проектирования методологии необходимо учитывать реальную социально-экономическую обстановку в современной России. Преведняя, советская идея целевой подготовки потеряла свою актуальность в условиях рыночной экономики, однако с возрождением отечественной промышленности уже в 2010-е годы потребность в целевой подготовке, ее совершенствовании стала остро необходимой. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 5 марта 2015 г. № 192 «О государственном плане подготовки кадров со средним профессиональным и высшим образованием для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2016 – 2020 годы» ежегодный заказ на специалистов с высшим образованием составляет порядка 15 – 18 тысяч человек (20 % от общего бюджетного плана приема) и реализуется в рамках контрольных цифр приема по специальностям и направлениям подготовки.

В то же время компании, работающие на оборону, космос, судостроение, авиацию, энергетику, медицину, сельское хозяйство, перед которыми ставятся задачи решения новых организационно-экономических проблем, ежегодно самостоятельно направляют в вузы большее количество абитуриентов на условиях целевого набора.

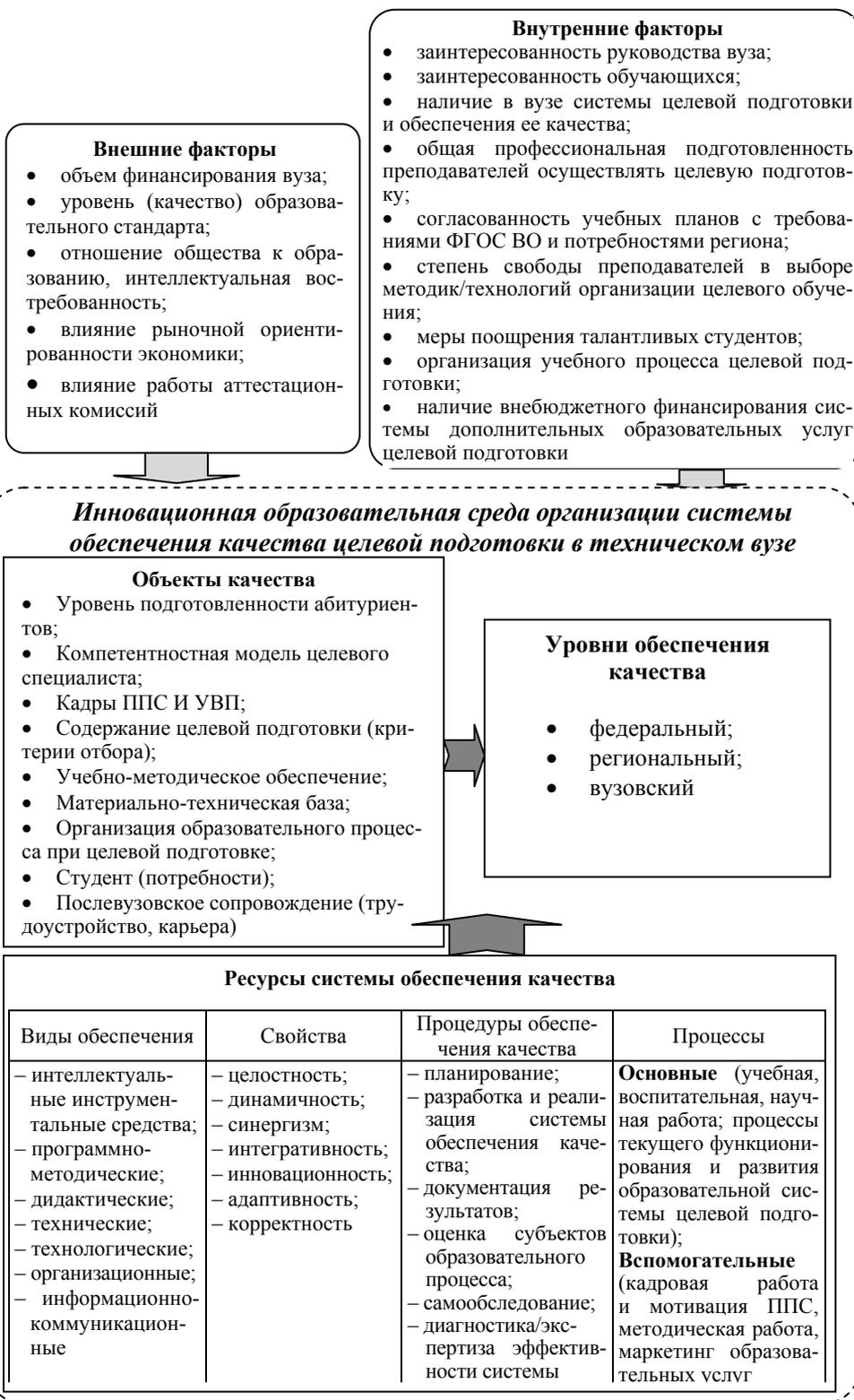
Если проанализировать действующие государственные образовательные стандарты, то можно заметить определенный шаг в направлении децентрализации управления системой профессионального образования и передаче регионам и учебным заведениям некоторой академической и экономической самостоятельности. Введение вариативного компонента в образовательные стандарты вузов допускает формирование набора дисциплин по выбору студентов; введение различных уровней подготовки обеспечивает возможности «параллельного» освоения различных образовательных программ, что в значительной мере расширяет возможности системы образования России с точки зрения более полного удовлетворения потребностей как заказчиков образовательных услуг, так и обучаемых.

Обеспечение качества профессиональной подготовки в системе высшего образования в России осуществляется на трех уровнях: федеральном, региональном и вузовском, и в соответствии с этим строится образовательная программа, имеющая три компонента, наполняемые соответствующими учебными дисциплинами.

Одна из задач обеспечения вузами качества образовательного процесса – создание условий, способствующих формированию профессиональных компетенций. Во многом это достигается путем повышения ресурсного обеспечения образовательного процесса, так как обеспечить требуемое качество подготовки специалиста – значит создать условия (организационные, технологические, информационные, социальные, кадровые, материально-технические и др.), которые направлены на формирование необходимых и достаточных свойств личности, его знаний и умений в предположении, что требуемое качество будет обеспечено (достигнуто) [5].

Структурная схема ресурсного обеспечения качества целевой подготовки представлена на рис. 3.

При целевой подготовке – это формирование специальной образовательной инновационной образовательной среды [6], структура которой определяется содержанием требований к подготовке, показателями каче-



**Рис. 3. Структурная схема обеспечения качества целевой подготовки специалистов в техническом вузе**

ства специалиста; реальными возможностями предприятия и вуза; уровнем качественного состава обучаемых и содержанием их намерений и, естественно, содержанием действующих федеральных государственных образовательных стандартов, гарантирующих право получения диплома о высшем образовании.

В современной системе многоуровневого образования целевая подготовка является своеобразной системной возможностью проявления индивидуальности в обучении. Это объясняется тем, что процесс обучения имеет сложную периодическую технологию приобретения обучаемым нового знания и является фактически информационной технологией, отличающейся акцентом на индивидуальное обеспечение каждого обучающегося, и поэтому является ключевым фактором, влияющим на качество профессионального образования. Это обстоятельство интенсивно используют зарубежные вузы [6], где применяется комплексный подход к проблеме обеспечения качества образования, включающий прогнозирование потребностей в специалистах различного профиля (с учетом демографических тенденций, направлений научно-технического прогресса, структурных инвестиционных сдвигов в экономике); совершенствование систем образования, подготовки и переподготовки специалистов, государственного стимулирования сотрудничества вузов с наукой и производством и т.д. При этом построение взаимосвязи между образованием и производством начинается с формулировки конечных результатов обучения (умений, которым должен научиться выпускник по завершении программы обучения), определяемых сферой производства. Компетенция, требуемая в сфере труда, определяет компетенцию, которая должна быть достигнута в сфере образования.

Анализ особенностей целевой подготовки позволяет заключить, что система обеспечения ее качества в аспекте реализуемых ею функций решает следующие три задачи:

- изучение объекта качества и внешней среды;
- реализация стратегии методологического обеспечения качества целевой подготовки;
- реализация стратегии ресурсного обеспечения качества.

В результате их осмысления рассматриваются новые элементы, содержащиеся в блоках модели формирования системы обеспечения качества (комплекс маркетинга специалиста и подобранная методология), а также его ресурсное обеспечение.

К характерным особенностям, целям и задачам целевой подготовки, свойственным многим образовательным системам, следует, на наш взгляд, отнести:

- интеграцию образования, науки и производства, расширение ресурсного обеспечения образовательного процесса за счет предприятий-заказчиков;
- наличие гибкости образования, возможности формирования профессиональной мобильности специалиста, индивидуализации обучения;
- формулирование групп желаемых компетенций совместно с потребителями целевых предприятий;
- формирование полной профессиональной готовности к профессиональной деятельности;

– изменение принципов организации обучения в рамках обычной нагрузки (последовательное вхождение обучающихся в профессию, от выполнения учебно-производственных задач до работы в подразделениях);

– подготовку инженеров как творцов и движущей силы научно-технического прогресса.

Перечисленные позиции можно рассмотреть как необходимые элементы дальнейшего совершенствования системы целевой подготовки.

### **Исторические предпосылки условий проектирования**

Для выбора организационно-педагогических воздействий, обеспечивающих качество целевой подготовки на высоком уровне, считаем необходимым учитывать опыт взаимодействия вузов и предприятий в развитых странах, который прошел проверку жизнью в условиях рыночной экономики и имеет место быть и сейчас.

Интересной формой интеграция образования, науки и производства в США являются научные парки. В Великобритании, Франции, Дании формой сотрудничества вузов с промышленностью является посредническая деятельность, выполняемая чаще всего специальными коллективами (бюро по связи с промышленностью), обеспечивая взаимодействие с малыми и средними фирмами в границах региона.

В Германии это система дуального обучения. Подготовка кадров по дуальной системе образования комбинирует теоретическое обучение в учебном заведении (30 – 40 % учебного времени) и практическое обучение на производственном предприятии (60 – 70 % учебного времени) [1]. Сотрудничество вузов и промышленности проявляется в таких формах, как производственная стажировка и выпускные проекты.

В Финляндии практикуют формулирование групп желаемых компетенций совместно с потребителями специалистов. В Нидерландах частные компании активно участвуют в составлении учебных планов. В Великобритании студенты заключают контракт с вузом, по которому содержание учебных программ ориентируется на потребности студентов, связанные с их работой в компаниях. В Дании разработаны специальные программы «объединенного обучения», в которых значительная часть времени отводится приобретению практических навыков, необходимых по месту будущей работы.

Благодаря сотрудничеству с промышленностью изменяется и методика обучения, ориентированная в основном на студентов, занятых в исследовательских проектах. Наличие творческих и учебных планов, соответствующих способностям и творческим интересам обучающихся, повышает роль индивидуального обучения. Многие сотрудники корпораций сами принимают непосредственное участие в учебном процессе во всех формах его организации.

Формирование полной профессиональной готовности специалистов в США достигается и за счет наставничества силами профессиональных кураторов. В Японии выявляются молодые люди, проявляющие определенные способности, которые могут быть успешно использованы в деле дальнейшего развития фирмы. С ними начинают работу, их приглашают на лекции, читаемые специалистами и руководителями этой фирмы, по-

священные истории предприятия, динамике изменений в производстве продукции и самой фирмы, прогнозам на будущее. В процессе таких занятий студентам прививается чувство патриотизма в отношении той фирмы, которая намеревается предоставить им в дальнейшем работу (формируются корпоративные интересы). Для японских предприятий характерна частая ротация на рабочих местах для молодого специалиста в целях выявления видов деятельности, которые получаются у него лучше всего.

Все перечисленные факты заслуживают пристального внимания при организации целевой подготовки в новых условиях обеспечения качества.

Перестройка форм, развитие новых направлений подготовки инженеров привели к изменению методов обучения [6]. Профессиональное образование стало основываться на индивидуализированном подходе, когда соответствующая программа предусматривает разбивку всего учебного материала на модули и при этом за счет более узкой индивидуальной специализации студентов появляется возможность сокращения общей продолжительности курса обучения (особенно для практически ориентированных студентов).

На современных предприятиях при производстве продукции постоянно снижается доля материального компонента, но при этом растет значение человеческих факторов, таких как выработка концепции, планирование, конструирование, обработка и анализ информации, разработка программ, маркетинг. Уже сейчас современное производство в высокоразвитых странах предусматривает такие профессиональные качества инженера (кроме знания специальности), как логика, общественная активность, готовность к международным контактам (в первую очередь знание иностранных языков), постоянное стремление к повышению квалификации и самосовершенствованию, управленческие навыки [6]. Такие требования к выпускнику должны, конечно, удовлетворять вузы в процессе реализации образовательных программ.

Проведенный анализ опыта взаимодействия вузов и предприятий показал, что в развитых странах имеют место различные типы сотрудничества вузов с предприятиями, но в большинстве своем они основываются на совместной научной, образовательной и посреднической деятельности и зависят от конкретных ситуаций.

В настоящее время продолжается активный поиск новых, отвечающих требованиям эпохи, организационно-педагогических условий реализации целевой подготовки, обеспечивающих ее качество. При этом необходим углубленный анализ достижений и причин неудач предыдущих реформ, для того чтобы создать более совершенные образовательные формы, которые, обладая достоинствами предшествующих, были бы по возможности лишены их недостатков.

Подбор организационно-педагогических воздействий, обеспечивающих качество целевой подготовки в современных условиях необходимо рассматривать комплексно для каждого методологического уровня разработки системы обеспечения качества. Наиболее значимым является общенаучный уровень, когда соответствующие методики выявления актуальных компетенций, на которые должна быть ориентирована система целе-

вой подготовки (специализированные профессиональные компетенции) рассматриваются применительно к конкретному предприятию.

Так, например, в результате экспериментальных исследований на предприятиях радиоэлектронной промышленности Тамбовской области по методике, представленной в работе [7], выделены компетенции:

– *научно-исследовательские*: способность проводить исследования, выбирать адекватные им методы моделирования систем радиосвязи с использованием принятых на предприятии средств исследований, включая специализированные пакеты прикладных программ;

– *проектно-конструкторские*: способность проектировать компоненты систем радиосвязи с учетом технического задания; разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями предприятия; готовность проектировать технологические процессы производства с использованием автоматизированных систем;

– *организационно-управленческие*: способность проводить технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности создаваемых компонентов интеллектуальных средств и комплексов радиосвязи; организация производственной работы малых групп исполнителей, умение брать на себя лидерство; способность разрабатывать графики планирования, оформление отчетных документов;

– *сервисно-эксплуатационные*: готовность к осуществлению монтажно-наладочных работ спроектированных компонентов систем связи; готовность к монтажу, отладке и внедрению спроектированных компонентов радиосвязи.

В результате обоснована компонентная структура компетенций, содержание и уровни их сформированности, выступающие индикаторами для оценки профессиональной предрасположенности к тому или иному виду деятельности. Компетентностная модель представлена на рис. 4.

Проведенная методика исследования позволила выявить, структурировать, обосновать и определить содержание профессиональной деятельности специалистов для предприятий радиоэлектронного профиля, на которую и должна быть ориентирована разработка системы обеспечения качества целевой подготовки на общенаучном методологическом уровне ее формирования:

– *на уровне конкретно-научной методологии* – это методика выбора технологии организации системы целевой подготовки, обеспечивающая требуемый уровень ее качества. В этих целях применялся байесовский подход экспертной оценки [8], сущностная цель которого была в наблюдении за обработкой информации (ранжирование технологий) другими компетентными лицами, с целью использования их мнений (отследить тенденции выбора) для обоснованного принятия решений выбора педагогической технологии организации целевой подготовки и собственной практической пользы;

– *на частнометодическом уровне* – это приемы конструирования содержания целевой подготовки, меняющие сознание обучаемых в целях повышения профессиональной приверженности профессии, формирования корпоративных интересов.



**Рис. 4. Компетентностная модель специалиста, формируемая в системе целевой подготовки**

До 2020 года реальной для воплощения и эффективной в плане результативности была система концентрированной практико-ориентированной подготовки специалистов, являющаяся частью целостного содержания профессиональной подготовки, предполагающая создание условий, когда все, кто работает внутри системы, могут вносить свой вклад в ее улучшение (преподаватели вуза, сотрудники предприятий, студенты) и таким образом получать большее удовлетворение от работы (качества профессионального образования). Начиная с 2021 года такой системой стало проектное обучение, активность которого не снижается все последние годы, так как задает моделирование «ситуаций успеха» и формирует твердую убежденность и уверенность в успехах своей деятельности.

В результате реализации на практике системы целевой подготовки с применением как технологии концентрированного практико-ориентированного обучения, так и проектного обучения имеет целью формирование набора специализированных профессиональных компетенций, удовлетво-

ряющего всех субъектов системы (сотрудников предприятий, преподавателей, обучающихся) и стимулирующего заинтересованность в достижении требуемых результатов. При этом обеспечение качества достигается именно за счет повышения и формирования адекватной профессиональной самооценки, путем развития активной мировоззренческой позиции личности, знакомства с традициями профессиональной среды, ее устоями и историей, вызывая чувство самодостаточности личности в профессиональном плане и, как следствие, профессиональный рост и творческую самореализацию. В результате удастся сформировать новый тип специалиста, обладающего не только профессиональными компетенциями, но и личностными качествами, позволяющими ему активно и сознательно участвовать в обеспечении качества своего профессионализма.

Наиболее действенным фактором, способствующим разрешению поставленных задач, является проектирование содержания целевой подготовки (отбор и конструирование содержания) [9, 10]. Соответствующая модель представлена на рис. 5. Модель раскрывает особенности конструирования дополнительных программ целевой подготовки, направленных на формирование компетенций, требуемых предприятию-заказчику, через развитие профессиональной и социокультурной системы ценностей, аффективную приверженность профессии, формирование констант профессионализма и нравственного мировоззрения. Модель включает совокупность принципов, лежащих в основе отбора и конструирования содержания обучения, методологически поддерживающих частнометодический уровень системы:

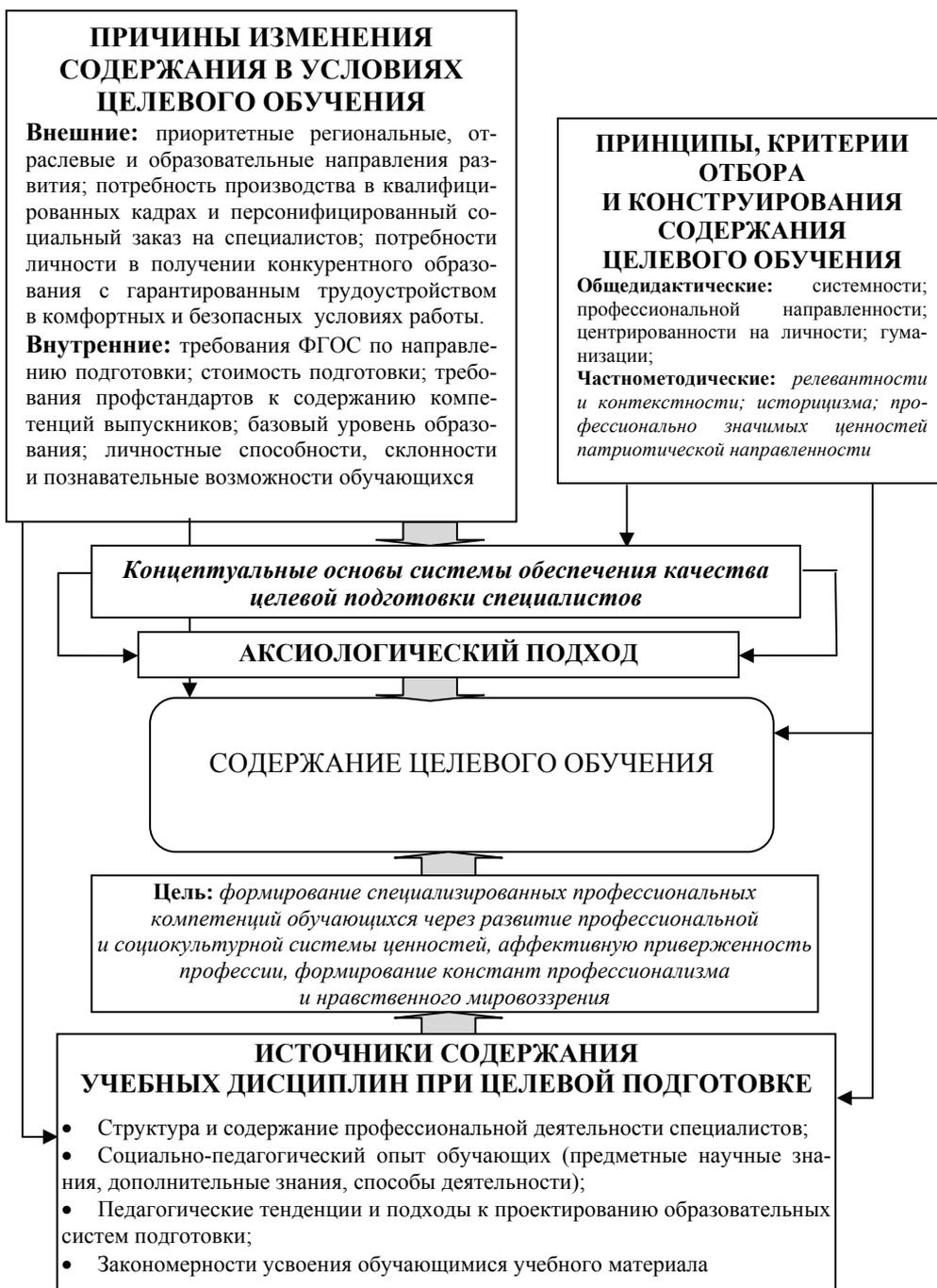
- системности, предполагающий организацию подготовки специалистов в условиях интеграции науки, образования и производства как целостной системы подготовки, формирование у будущих специалистов комплекса социально-личностных, общенаучных, профессиональных и специализированных профессиональных компетенций;

- профессиональной направленности, обеспечивающий перенос методологических знаний на реальные производственные ситуации, использование профессионально-ориентированных заданий, приемов и методов прохождения в процессе подготовки всей цепочки производственной деятельности – от идеи до ее реализации в конкретном продукте;

- центрированности, заключающийся в учете личностных особенностей обучающихся к восприятию различной информации, освоению интегрированных дисциплин, так называемое погружение в предметную область, изучение учебной дисциплины в различных формах (лекции, лабораторные работы, практические занятия);

- гуманизации, предполагающий удовлетворение потребностей личности в получении конкурентоспособного образования, воспитание высококонравных общечеловеческих качеств будущего специалиста, ценностей труда, межчеловеческих отношений на всех уровнях;

- релевантности и контекстности, реализующийся через включение в содержание подготовки элементов, позволяющих приблизить процесс обучения к реальным условиям профессиональной деятельности, и предусматривающий ориентацию содержательных компонентов образовательных модулей учебных дисциплин на задачи, связанные с профессиональной деятельностью;



**Рис. 5. Модель проектирования содержания целевой подготовки, обеспечивающая ее качество**

– историцизма, раскрывающий содержание дисциплин учебных в контексте процесса развития предприятия, этапов становления производства, создания и оснащения производственных линий, исторической памяти о предприятии, основы достижений;

– профессионально-значимых ценностей, предполагающий включение в содержание учебных дисциплин примеров деятельности известных работников предприятий, их основных жизненных позиций, ценностных ориентиров, идеалов, примеров достижений и неудач в жизни предприятий, их традиций.

Такой выбор принципов позволяет утверждать, что наиболее приемлемо конструирование содержания целевой подготовки специалистов следует осуществлять с учетом аксиологического подхода. Предметом педагогической аксиологии является формирование ценностного сознания, ценностного отношения, ценностного поведения личности. Ценности включают в себя элементы нравственного воспитания, важнейшие составляющие внутренней культуры человека, которые, выражаясь в личностных установках, свойствах и качествах, определяют его отношение к обществу, природе, другим людям, самому себе, утрата ценностных ориентиров или отказ от сложившейся системы ценностей неизбежно оборачивается угрозой распада общества, в частности, уходом молодого специалиста из профессии.

При конструировании содержания целевой подготовки с учетом аксиологического подхода на практике целенаправленно и многопланово организуются специальные формы *воспитательной* работы (присутствие студентов на производственных собраниях и совещаниях, встречи с заслуженными работниками предприятий); *учебной* работы (вводная часть курсов дисциплин строится с примерами истории предприятия и профессиональной деятельности ведущих специалистов, последовательное преподнесение профессионально-значимой информации на конкретных производственных объектах; просмотр информации, связанной с деятельностью предприятия); *внеурочной* работы (участие студентов в спортивных праздниках, конкурсах и выставках, соревнованиях; организация экскурсий в музей предприятия, подготовка и оформление документов для участия в грантах и конференциях). Комплекс мероприятий направлен на подбор таких заданий, задач и тематик решения/проектирования, которые позволяют студентам испытать чувство гордости за собственные достижения, принадлежность сообществу и желание дальнейших свершений. У студента должна формироваться уверенность, что, придя на предприятие, он найдет себя.

### Экспериментальная работа

В ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» целевая подготовка осуществлялась с 1994 года на протяжении 30 лет с городскими предприятиями радиоэлектронного профиля. Основными критериями эффективности системы целевой подготовки рассматривались:

- привлекательность целевой формы обучения;
- сохранность контингента обучаемых;
- повышение среднего балла академической успеваемости (в сравнении с обучаемыми по общему конкурсу);

- процент трудоустроенных на предприятии-заказчике;
- процент трудоустроенных по специальности;
- сохранность трудоустроенных в течение первых пяти лет работы;
- карьерный рост молодых специалистов;
- наличие рекламаций со стороны работодателя, фактов пересмотра условий договора, пожеланий по совершенствованию.

Одновременно анализировались педагогические аспекты результатов использования системы обеспечения качества целевой подготовки:

- роль наставников обучаемых и роль экспертов качества;
- подготовка персонала, участвующего в работе системы;
- совершенствование организационной системы, ресурсного обеспечения и другие возникающие проблемы.

### **Заключение**

В связи с изменившимися условиями работы промышленных предприятий, опосредованными принятыми недружественными для России странами санкциями, требуется пересмотр содержания и форм организации целевой подготовки молодых специалистов в вузах страны. На первое место выдвигаются проблемы обеспечения и поддержания на уровне гарантии требуемого заказчиком качества профессиональной подготовки. Приоритетными в этих условиях являются аксиологический подход в обучении и обеспечение качества обучения на системном уровне. Разработанные на основе аксиологического подхода методы организации учебно-методической деятельности показывают свою эффективность в плане формирования как профессиональной приверженности студентов целевого обучения, так и их корпоративной культуры на примере многолетнего срока их реализации на направлениях радиотехнического профиля вуза. Систематизированный контроль качества профессиональной подготовки и непрерывное решение его проблемного улучшения целесообразно заменить деятельностью по созданию системы обеспечения (гарантии) требуемого уровня качества.

Система обеспечения качества целевой подготовки специалистов естественно должна строиться на принципах международных стандартов качества и с учетом всей совокупности факторов, влияющих на качество подготовки специалистов. В частности, для обеспечения качества образовательных программ целевой подготовки необходимо выявлять все основные объекты качества в системе профессиональной подготовки и роль всех субъектов системы высшего образования в достижении и поддержании на должном уровне основных показателей качества. Особая роль отводится моделированию критериальной системы оценки качества, критериев и показателей такой оценки, а также организационно-педагогических условий внедрения системы обеспечения качества целевой подготовки в конкретном вузе.

Результаты такой работы могут быть полезны не только администрации вуза, но и многим преподавателям, включенным в договорную деятельность с предприятиями-заказчиками молодых специалистов.

### Список литературы

1. Вражнова, М. Н. Система профессиональной адаптации студентов технических вузов в условиях взаимодействия «вуз-предприятие» : монография / М. Н. Вражнова. – М. : Техполиграфцентр, 2003. – 179 с.
2. Евдокимов, М. А. Целевая интенсивная подготовка специалистов как система образования в историческом контексте / М. А. Евдокимов, О. Н. Кузнецова // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия: Психолого-педагогические науки. – 2012. – №1. – С. 54 – 66.
3. Дорохова, Т. Ю. Технология организации концентрированной практико-ориентированной подготовки специалистов для наукоемких производств / Т. Ю. Дорохова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 9(75): Ч. 1. – С. 207 – 209.
4. Пучков, Н. П. Формирование системы обеспечения качества подготовки специалиста в условиях технического вуза : дис ... д-ра пед. наук : 13.00.08 / Пучков Николай Петрович. – Елец, 2004. – 370 с.
5. Пучков, Н. П. Формирование системы обеспечения качества профессиональной подготовки в вузе // Н. П. Пучков // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. – 2003. – Т. 9, № 4. – Препринт 08. – 70 с.
6. Минько, Э. В. Генезис и развития платного высшего образования в России / Э. В. Минько, А. Э. Минько // Alma Mater (Вестник высшей школы). – 2015. – №1(20). – С. 15 – 26.
7. Дорохова, Т. Ю. Роль технического университета в создании региональной системы целевой подготовки специалистов для предприятий радиоэлектронного профиля / Т. Ю. Дорохова, Н. П. Пучков // Образование и саморазвитие. – 2019. – № 1. – С. 56 – 68.
8. Дорохова, Т. Ю. Байесовский подход к проблемам определения приоритетности педагогических проектов / Т. Ю. Дорохова, Н. П. Пучков // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – 2019. – № 3(15). – С. 30 – 35.
9. Пучков, Н. П. Практико-ориентированная подготовка: модель образовательной среды / Н. П. Пучков, Т. Ю. Дорохова // Инновационные образовательные технологии в техническом вузе : сб. науч. ст. Всерос. науч.-метод. конф. – Тамбов, 2016. – С. 22 – 30.
10. Целевая интенсивная подготовка специалистов / Г. П. Зайцев, В. В. Безлепкин, Н. А. Товологин [и др.] ; под ред. А. М. Липанова, А. П. Лукошкина. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1987. – 183 с.

### References

1. Vrazhnova M.N. *Sistema professional'noy adaptatsii studentov tekhnicheskikh vuzov v usloviyakh vzaimodeystviya "vuz-predpriyatiye": monografiya* [The system of professional adaptation of students of technical universities in the conditions of interaction "university-enterprise": monograph], Moscow: Tekhpoligrafstsentr, 2003, 179 p. (In Russ.)
2. Yevdokimov M.A., Kuznetsova O.N. [Targeted intensive training of specialists as an education system in a historical context], *Vestnik Samarskogo gos. tekhn. un-ta, Seriya: Psikhologo-pedagogicheskiye nauki* [Bulletin of the Samara State Technical University. Series: Psychological and pedagogical sciences], 2012, no. 1, pp. 54-66. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Dorokhova T.Yu. [Technology of organizing concentrated practice-oriented training of specialists for knowledge-intensive industries], *Filologicheskiye nauki. Voprosy teorii i praktiki* [Philological sciences. Questions of theory and practice], 2017, no. 9(75): Part 1, pp. 207-209. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Puchkov N.P. *PhD of Doctor's thesis (Pedagogical)*, Yelets, 2004, 370 p. (In Russ.)
5. Puchkov N.P. [Formation of a quality assurance system for professional training in a university], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2003, vol. 9, no. 4, preprint 08, 70 p. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Min'ko E.V., Min'ko A.E. [Genesis and development of paid higher education in Russia], *Alma Mater (Vestnik vysshey shkoly)* [Alma Mater (Higher School Bulletin)], 2015, no. 1(20), pp. 15-26. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Dorokhova T.Yu., Puchkov N.P. [The role of the technical university in the creation of a regional system of targeted training of specialists for enterprises of the radio-electronic profile], *Obrazovaniye i samorazvitiye* [Education and self-development], 2019, no. 1, pp. 56-68. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Dorokhova T.Yu., Puchkov N.P. [Bayesian approach to the problems of determining the priority of pedagogical projects], *Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovaniye* [Continuum. Mathematics. Computer science. Education], 2019, no. 3(15), pp. 30-35. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Puchkov N.P., Dorokhova T.Yu. *Innovatsionnyye obrazovatel'nyye tekhnologii v tekhnicheskoy vuzey : sb. nauch. st. Vseros. nauch.-metod. konf.* [Innovative educational technologies in a technical university: collection of scientific articles. All-Russian scientific-methodological conf.], Tambov, 2016, pp. 22-30. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Zaytsev G.P., Bezlepkin V.V., Tovologin N.A. [et al.]; Lipanov A.M., Lukoshkin A.P. (Eds.). *Tselevaya intensivnaya podgotovka spetsialistov* [Targeted intensive training of specialists], Leningrad: Izdatel'stvo LGU, 1987, 183 p. (In Russ.)

---

## Quality Assurance System for Targeted Specialists' Training at a Technical University

T. Yu. Dorokhova, N. P. Puchkov

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** quality of professional training; practice-oriented training; targeted intensive training; targeted training of specialists.

**Abstract:** The article presents a model for the formation of a quality assurance system for targeted training of specialists in a technical university. It is shown that the methodology for forming such a system includes four levels, at each of which theoretical and methodological approaches to quality assurance are implemented, tasks to be solved and methods for evaluating results are analyzed. Organizational and pedagogical influences are proposed that ensure the quality of targeted training at the level specified by the customer of specialists and the possibility of introducing the system into the educational activities of the university. The concept of "targeted training of specialists in a university" has been clarified, which best corresponds to the realities of the modern economy in the country, based on its consideration as a special pedagogical system.

---

© Т. Ю. Дорохова, Н. П. Пучков, 2025

## ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБУЧЕНИИ

**Н. В. Молоткова, М. И. Шутикова**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия; ГАОУ ВО города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма», Москва, Россия*

**Ключевые слова:** деловая игра; имитационное моделирование; интерактивный метод; методики обучения; методические рекомендации; модель бизнес-процессов; прототип реальности; профессиональные компетенции; цифровые образовательные технологии.

**Аннотация:** Рассмотрены некоторые аспекты разработки деловой игры – методического инструмента по формированию компетенций в определенной области. Помимо непосредственно профессиональных компетенций, деловая игра позволит развивать навыки коллективного решения задач, использования цифровых ресурсов в процессе решения задач. Основу деловой игры составляет имитационное моделирование, особенность которого – возможность активного участия субъектов в ее функционировании. Более того, сама игра есть способ построения имитационной модели, поскольку именно в ходе игры возникают решения, которые сложно сформулировать заранее. Несмотря на некоторую спонтанность хода деловой игры, она строится по определенному достаточно четкому сценарию, а сами участники игры следуют разработанным методическим рекомендациям, что позволяет избежать хаоса и получить заданные результаты. Рассмотрены общая структура деловой игры и ее основные компоненты. Сделан акцент на деловых играх в сфере бизнеса. Представлен фрагмент методических рекомендаций деловой игры, имитирующей создание и продвижение фирмы.

### Введение

Деловая игра является одним из методов подготовки к профессиональной деятельности в самом широком контексте. Как правило, базисом такой игры является моделирование – замена реального объекта его обра-

---

Молоткова Наталия Вячеславовна – доктор педагогических наук, профессор, первый проректор, ТамбГТУ, Тамбов, Россия; Шутикова Маргарита Ивановна – доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики спорта и физического воспитания, e-mail: raisins\_7@mail.ru, ГАОУ ВО города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма», Москва, Россия.

зом, при которой, однако, сохраняются все существенные признаки объекта и его отношения с другими объектами [1].

Такие игры впервые стали применяться в армейских / военных структурах. Как известно, шахматы были одной из первых игр, где реализованы принципы «деловой игры» применительно к военной сфере. Об этом говорят, в частности, название фигур, логика их построения и движения фигур в рамках возможной тактики игры. Позднее появились модели, более приближенные к реальности, которые включали рельефные карты, движения воинских частей и т.д. Яркий художественный пример применения военной игры приведен в фильме братьев Васильевых «Чапаев» (1934). Командир дивизии, высыпав из котелка на стол картошку и «выстроив» ее в соответствии с предполагаемым расположением войсковых подразделений, экзаменовал командиров: «Где должен быть командир во время атаки?». И, не дождавшись правильного ответа, сам передвигал картофелину и пояснял: «Впереди, на лихом коне». Условно говоря, таким образом проводились командно-штабные учения в перерывах между войнами, между активными военными действиями.

В настоящее время деловая игра органически дополняет традиционные методики подготовки специалистов [2]. Как известно, уровень усвоения материала в ходе лекционно-семинарской системы обучения (при хорошем качестве) составляет не более 10 %. Использование наглядных пособий и аудио-визуальных средств обучения позволяет повысить усвоение учебного материала в среднем до 30 %. Применение активных методов обучения увеличивает эффективность до 50 %. Дальнейшее увеличение эффективности требует существенных изменений в методических приемах и подходах к построению процесса обучения. На наш взгляд, деловая игра может рассматриваться в качестве одного из таких подходов.

Деловая игра представляет собой имитационную модель реальной ситуации, где участники выполняют определенные роли и принимают решения в условиях, приближенных к реальности. В процессе такой игровой деятельности происходит усвоение разнообразного учебного материала, включая цифровые технологии [3].

Деловая игра строится по определенному плану, который включает в себя: цели; результаты, которые надо достичь в процессе игры; распределение ролей среди участников игры. Деловая игра осуществляется по определенному сценарию в соответствии с некоторыми правилами.

Деловую игру можно представить как синтез имитационной и игровой моделей, которые объединены в единое целое.

*Имитационная модель* отражает выбранный фрагмент действительности и деятельность субъекта в рамках этого фрагмента. Как и всякая модель, имитационная отражает существенные аспекты выбранного фрагмента. В рамках данной модели организуется деятельность, имитирующая реальную деятельность специалиста [4].

*Игровая модель* фактически является способом описания работы участников с имитационной моделью. Она определяет социальный контекст профессиональной деятельности специалистов [5].

Содержание игры – деятельность, которая в специфической форме имитирует реальную профессиональную деятельность. В этом качестве



Рис. 1. Общая структура деловой игры

деловая игра направлена на формирование знаний, умений и компетенций в данной профессиональной области.

Общая структура деловой игры представлена на рис. 1.

Как методический инструмент деловая игра имеет ряд преимуществ перед другими методиками, которые обобщенно можно представить следующими позициями. Деловая игра имеет ярко выраженную практическую направленность. Все необходимые знания формируются в процессе деятельности, имитирующей реальную, что дает возможность формировать компетенции, важные для профессиональной деятельности. Как показал опыт, в процессе деловой игры действительно формируются необходимые профессиональные навыки, поскольку создается условие для приобретения навыка выполнения действий, ролей, решения задач.

Деловая игра стимулирует совместную деятельность по решению возникающих задач, формирует мотивацию к обучению, поскольку обучающийся сразу входит в процесс будущей профессиональной деятельности (хотя и в рамках ее имитации). При этом деловая игра страхует обучающихся от неизбежных на этапе обучения ошибок. Традиционно деловая игра заканчивается «разбором полетов», что позволяет обучающемуся взглянуть на свою деятельность со стороны и учесть ошибки.

Сценарий деловой игры состоит из ряда *этапов*, которые целесообразно рассмотреть более подробно:

– *подготовка* самого сценария, который включает в себя цели и правила деловой игры. Этап введения в игру состоит в том, что участников деловой игры знакомят со сценарием (который может быть скорректирован в процессе игры), а также правилами игры. Важно, чтобы каждый участник игры придерживался этих правил;

– *процесс игры* состоит в достижении игроками поставленных целей, преодоления возникающих препятствий. Как уже отметили выше, важным аспектом игры является развитие навыков командной деятельности, совместного решения проблемы, умения сочетать роль руководителя и подчиненного;

– *анализ* является существенным аспектом деловой игры. Каждый участник игры должен оценить свой вклад в решение общей задачи, взаимодействие с другими участниками игры. Проводится разбор допущенных ошибок и выявление успешных стратегий;

– в *заключительной* фазе игры подводятся итоги и формулируются рекомендации по использованию полученных знаний и компетенций.

Рассмотрим в качестве примера фрагмент методических указаний деловой игры (табл. 1), имитирующий создание фирмы, специализирующейся на сборке и реализации определенного товара (наручных часов). Данный фрагмент построен в контексте задачи анализа рынка сбыта как решающего условия успеха создаваемой фирмы.

Таблица 1

**Методические указания для проведения деловой игры «Анализ рынка»**

Этап	Описание действий
1	2
Сбор и анализ информации о рынке товаров / услуг	Предполагается анализировать рынок по следующей схеме: <ul style="list-style-type: none"><li>– рынок: различные часы;</li><li>– сегмент рынка: рынок наручных часов – средняя ценовая категория;</li><li>– конкуренты: выбирается несколько марок производителей часов;</li><li>– целевая группа: молодые покупатели, которые выбирают часы под влиянием моды; покупатели, которые покупают несколько часов;</li><li>– рост рынка: стабильный, нединамичный.</li></ul> Предложение по командной работе: все члены команды собирают информацию в Интернете, руководитель команды (глава фирмы) эту информацию анализирует. Анализ рынка желательно начать с поиска информации в Интернете. С одной стороны, в Интернете можно быстро найти много информации, но с другой – огромное ее количество не всегда упорядоченно и достоверно, что может ввести в заблуждение. Советы по поиску информации в Интернете.

1	2
	<p>Подготовка: Прежде чем начать, выясните, какую конкретно информацию вы ищете. Следующие вопросы помогут вам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– по какой конкретной теме вы ищете информацию;</li> <li>– для чего она вам нужна;</li> <li>– какие источники информации в этой связи кажутся вам наиболее подходящими.</li> </ul> <p>Обработка информации: важно критически оценить полученную информацию:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– от кого исходит информация;</li> <li>– как вы оцениваете источник информации;</li> <li>– о какой форме информации идет речь? (сообщение, точка зрения какого-либо учреждения, личное мнение и т.д.);</li> <li>– чьи интересы в целом представляет автор/источник информации</li> </ul>
Анализ конкурентов	<p>При изучении рынка учтите следующие пункты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ конкурентов: является ли ваша фирма единственным предприятием, предлагающим ваш товар или услугу? Кто является вашим потенциальным конкурентом? Между кем на данный момент распределен рынок?</li> <li>– определение размера рынка: как обширен ваш рынок? Как вы оцениваете потребность в вашей продукции/услуге? На какой территории вы хотите предлагать свои продукты?</li> <li>– анализ целевой группы: Кому вы хотите продавать свой продукт? Кто, по вашему мнению, и по каким причинам выберет ваш продукт/вашу услугу. Обратите внимание на социально-демографическую характеристику потенциальных клиентов (возраст, профессия, пол, численность семьи, доходы и т.д.).</li> <li>– прогноз тенденции развития рынка: Для принятия решения важен также прогноз тенденции развития вашего рынка. Находится ли ваш рынок на стадии роста или скорее на стадии насыщения?</li> </ul>
Опрос клиентов	<p>Клиенты определяют успех вашего дела! Поэтому необходимо проверить, как клиенты воспримут вашу бизнес-идею.</p> <p>Конкретизировать коммерческую идею вам помогут следующие вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– что представляет собой наш продукт или наша услуга?</li> <li>– чем отличается наше предложение от предложения конкурентов?</li> <li>– какую выгоду получит клиент от нашего предложения?</li> <li>– что особенного в нашей идее?</li> <li>– какую пользу получают наши клиенты, приобретая товар у нас, а не у наших конкурентов.</li> <li>– как мы сможем сохранить нашу уникальность, которая отличает нас от конкурентов?</li> <li>– как мы будем рекламировать наш продукт?</li> </ul> <p>В качестве примера приведем интервью с президентом рекламного концерна BBDO Worldwide, New York (из открытых источников):</p>

1	2
	<p>Вопрос: Вы по всему миру наблюдаете за поведением потребителей. Что изменилось в последнее время?</p> <p>Ответ: Наблюдается тенденция к тому, что потребители стали более осознанно покупать товары. Мы пронаблюдали, что на сегодняшний день потребители на 20 % дольше закупаются в супермаркетах – тратя при этом не больше денег, чем обычно. Это связано с тем, что они более точно изучают продукты. Объем решений о покупках, движимых эмоциями, носит снижающийся характер по всему миру, потребители ведут себя сегодня по-другому. В кризисные времена бренды должны переориентироваться. Для нас в нашей отрасли – это значит, что мы еще интенсивнее должны концентрироваться на наших клиентах и постоянно перепроверять рекламные инструменты. Красивые рекламные концепции, созданные несколько месяцев назад, сегодня ни к чему не пригодны.</p> <p>Что нужно учесть при опросе клиентов? Тот, кто хочет продать продукт или услугу, нуждается в большом количестве информации. Анализ покупательских интересов потенциальных клиентов является исходной точкой для планирования вашего предложения.</p> <p>Опрос клиентов должен проводиться с определенной целью. Речь идет о том, чтобы выяснить, как лучше всего сбывать товар или услугу. Это значит, что результаты опроса, прежде всего, служат улучшению маркетинга.</p> <p>Учтите следующие важные аспекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– кто может являться вашими потенциальными клиентами (целевая группа);</li> <li>– какое количество товара покупает клиент (объем покупки);</li> <li>– почему клиент покупает товар (мотивы покупки);</li> <li>– где клиент покупает товар (выбор места покупки)</li> </ul> <p>.....</p>

Данный краткий фрагмент показывает, что несмотря на игровой характер, все существенные стороны деятельности фирмы находят вполне адекватное отражение.

Существуют различные варианты деловой игры. Выделяют ознакомительно-обучающие, исследовательские, диагностические, управленческие, проектировочные и др. Возможно сочетание этих типов, в зависимости от поставленных целей [6, 7]. На основе анализа существующего опыта и публикаций приведем некоторые примеры деловых игр в бизнес-сфере:

- игра-симуляция бизнеса: участники управляют виртуальной компанией, принимая финансовые, маркетинговые и производственные решения;
- переговорные игры: моделирование переговоров между различными сторонами (например, работодатель – работник, поставщик – заказчик);
- кризис-менеджмент: участники решают проблемы, возникающие в результате непредвиденных обстоятельств;
- управленческие игры: развитие лидерских качеств через управление командой и принятие стратегических решений в рамках заданных управленческих ситуаций;

– презентация проекта: участники разрабатывают и презентуют свой бизнес-проект.

Приведенный выше фрагмент игры можно отнести к типу игры-симуляции бизнеса (организация и продвижение фирмы).

В целом методические рекомендации по проведению игры могут включать в себя:

– назначение игры и ее описание различной степени детализации: от краткого наброска до сценария;

– описание состава игрового коллектива, их ролей, а также системы стимулирования, поощрения за нестандартное и эффективное решение, штрафы за нерешенную задачу (баллы суммируются в процессе игры);

– описание критериев выигрыша, способов его определения, включая количественные и качественные критерии;

– методические материалы могут включать различный дополнительный / справочный материал.

Важный аспект деловой игры – совместная деятельность. Развитие умений коллективного решения задачи, при котором главная цель разбивается на подцели и каждый член команды несет ответственность за их выполнение, формирует стиль современной деятельности. Краткие, но конкретные методические рекомендации позволяют участникам быстро сориентироваться в игровой ситуации, распределить роли (как правило, это делается самостоятельно) и приступить к выполнению сформулированных заданий.

Существенным моментом, который следует отразить в методических рекомендациях, становится проведение необходимых расчетов для оценки последствий различных вариантов решений, возникающих в процессе игры. Также надо учесть сравнение предложенных вариантов решения задачи с оптимальным. Кроме того, неотъемлемый компонент современных деловых игр – использование цифровых технологий, которые, с одной стороны, являются необходимым инструментом современной профессиональной деятельности, с другой – средством создания самой имитационной модели деловой игры [8]. В контексте деловой игры участники могут использовать цифровые сервисы, интеллект-карты, диаграмму Исикавы и другие инструменты для анализа различных аспектов моделирования проекта, бизнеса, таких как производство, маркетинг, финансы, управление персоналом и др. [9]. Дидактический и организационно-технологический потенциал цифровых технологий в контексте подготовки, организации и проведения деловых игр требует отдельного рассмотрения.

### **Заключение**

Деловая игра – один из перспективных и крайне эффективных методов формирования компетенций специалистов. Теоретическую основу деловой игры составляет имитационное моделирование. Особенностью такого моделирования является возможность активного участия субъектов в ее функционировании. Более того, сама игра есть способ построения имитационной модели, поскольку именно в ходе игры возникают решения, которые трудно сформулировать заранее. Несмотря на возможную

спонтанность развития событий, деловая игра строится по определенному, достаточно четкому сценарию, а сами участники игры следуют разработанным методическим рекомендациям. Все это позволяет избежать хаоса и получить заданные образовательные результаты.

#### *Список литературы*

1. Бешенков, С. А. Информационно-когнитивные технологии – современный образовательный тренд / С. А. Бешенков, М. И. Шутикова, Э. В. Миндзаева // Информатика и образование. – 2017. – № 7(286). – С. 26 – 28.
2. Зайцев, В. С. Игровые технологии в профессиональном образовании : учеб.-метод. пособие / В. С. Зайцев. – Челябинск : Библиотека А. Миллера, 2019. – 23 с.
3. Филатова, О. В. Деловая игра как способ формирования умений и навыков студентов / О. В. Филатова // Инновационное развитие профессионального образования. – 2021. – № 1(29). – С. 51 – 56.
4. Каталевский, Д. Ю. Имитационные игры в бизнес-образовании: опыт применения деловой игры «Стартап: пределы роста» / Д. Ю. Каталевский // Искусственные общества. – 2022. – Т. 17, № 3. doi: 10.18254/S207751800021241-4
5. Куклин, В. Ж. Обеспечение модульности, адаптивности и гибкости образовательных программ в системе высшего образования / В. Ж. Куклин, В. В. Гриншкун, М. И. Шутикова // Университетское образование: практика и анализ. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 60 – 67. doi: 10.15826/umpa.2020.01.004
6. Тальшева, О. Н. Деловая игра для педагогов «Игра – это серьезно» / О. Н. Тальшева // Интерактивные тенденции в медицине и образовании. – 2023. – Т. 2. – С. 123 – 128.
7. Норалиева, К. М. Разновидности и возможности использования учебных деловых игр / К. М. Норалиева // Вопросы педагогики. – 2020. – № 5-7. – С. 290 – 293.
8. Entrepreneurship in the Digital Economy Society: Pedagogical Aspects / M. Shutikova, A. Dzakmykhov, M. Dzamykhova, O. Ivanova // Slet 2020 – Proceedings of the International Scientific Conference on Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education, Virtual, Stavropol, 12–13 ноября 2020 г. – 2020. – Т. 2861. – С. 124 – 131
9. Шутикова, М. И. Освоение моделирования как элемента подготовки студентов – гуманитариев в условиях развития технологии больших данных / М. И. Шутикова, С. А. Бешенков // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 11 – 14. doi: 10.12737/1998-1740-2024-12-3-11-14

#### *References*

1. Beshenkov S.A., Shutikova M.I., Mindzaeva E.V. [Information and cognitive technologies are a modern educational trend], *Informatika i obrazovanie* [Computer science and education], 2017, no. 7(286), pp. 26-28 (In Russ., abstract in Eng.)
2. Zajcev V.S. *Igrovyje tekhnologii v professional'nom obrazovanii: uchebno-metodicheskoe posobie* [Game technologies in professional education: teaching aid], Chelyabinsk: Izdatel'stvo "Biblioteka A. Millera", 2019, 23 p. (In Russ.)
3. Filatova O.V. [Business game as a way to develop students' skills and abilities], *Innovacionnoe razvitie professional'nogo obrazovaniya* [Innovative development of professional education], 2021, no. 1(29), pp. 51-56. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Katalevskij D.Yu. [Simulation Games in Business Education: Experience of Using the Business Game "Startup: Limits to Growth"], *Iskusstvennye obshchestva* [Artificial societies], 2022, vol. 17, no. 3, doi: 10.18254/S207751800021241-4 (In Russ., abstract in Eng.)

5. Kuklin V.Zh., Grinshkun V.V., Shutikova M.I. [Ensuring modularity, adaptability and flexibility of educational programs in the higher education system], *Universitetskoe obrazovanie: praktika i analiz* [University Education: Practice and Analysis], 2020, vol. 24, no. 1, pp. 60-67. doi: 10.15826/umpa.2020.01.004 (In Russ., abstract in Eng.).

6. Talysheva O.N. [Business game for teachers "Play is serious" Business game for teachers "Play is serious"], *Interaktivnye tendencii v medicine i obrazovanii* [Interactive technologies in medicine and education], 2023, vol. 2, pp. 123-128. (In Russ., abstract in Eng.).

7. Noralieva K.M. [Types and possibilities of using educational business games], *Voprosy pedagogiki* [Questions of pedagogy], 2020, no. 5-7, pp. 290-293. (In Russ., abstract in Eng.).

8. Shutikova M., Dzakmykhov A., Dzamykhova M., Ivanova O. Entrepreneurship in the digital economy society: pedagogical aspects. *2020 International scientific conference on innovative approaches to the application of digital technologies in education, slet 2020 Virtual*, Stavropol, 12-13 November 2020, Vol. 2861. 2020. P. 124-131.

9. Shutikova M.I., Beshenkov S.A. [Mastering modeling as an element of training humanities students in the context of developing big data technology], *Standarty i monitoring v obrazovanii* [Standards and monitoring in education Standards and monitoring in education], 2024, vol. 12, no. 3, pp. 11-14. doi: 10.12737/1998-1740-2024-12-3-11-14 (In Russ., abstract in Eng.).

---

## **Business Games as an Effective Tool for Developing Professional Competences through Training**

**N. V. Molotkova, M. I. Shutikova**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia;*

*Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, Russia*

**Keywords:** business game; simulation modeling; interactive method; teaching methods; methodical recommendations; business process model; reality prototype; professional competencies; digital educational technologies.

**Abstract:** Some aspects of the development of a business game are considered – a methodological tool for developing competencies in a certain area. In addition to direct professional competencies, a business game develops skills in collective problem solving, using digital resources in the process of solving problems. The basis of the business game is simulation modeling, the peculiarity of which is the possibility of active participation of subjects in its functioning. Moreover, the game itself is a way of building a simulation model, since it is during the game that decisions arise that are difficult to formulate in advance. Despite some spontaneity of the course of the business game, it is built on a certain fairly clear scenario, and the participants themselves follow the developed methodological recommendations on avoiding chaos and obtaining the specified results. The general structure of the business game and its main components are considered. The emphasis is placed on business games in the business sphere. A fragment of the methodological recommendation of a business game simulating the creation and promotion of a company is presented.

---

© Н. В. Молоткова, М. И. Шутикова, 2025

## PRINCIPLES AND METHODOLOGICAL TECHNIQUES OF PROFESSIONALLY ORIENTED TEACHING OF ENGLISH

**T. V. Mordovina, E. Yu. Voyakina**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** professionally oriented foreign language; pedagogical principles; methodological techniques; case studies; role-playing.

**Abstract:** Professionally oriented foreign language (POFL) teaching is crucial for globalized professionals. This article emphasizes the necessity of pedagogical principles for effective POFL instruction. Understanding these principles enables educators to design relevant curricula and equip learners with necessary skills. Neglecting these principles leads to ineffective training, failing to prepare learners for real-world professional communication challenges. The authors also consider various methodological techniques for professionally oriented teaching of English, highlighting role-playing and case studies as the most effective teaching techniques. The article provides examples of tasks for role-playing games and case studies for students studying in the management field. It is noted that by incorporating a mix of these methodological techniques into professionally oriented training programs, trainers can create engaging, effective, and impactful learning experiences that cater to different learning styles and preferences.

### Introduction

One of the trending directions in teaching a foreign language today is professionally oriented training. It focuses on developing language skills that are relevant to specific professions or industries. This type of training helps individuals communicate effectively in professional settings, such as meetings, presentations, negotiations, and written correspondence. It also includes specialized vocabulary and terminology related to the field of work [1].

Professionally oriented foreign language teaching is paramount for developing practical communicative competence in today's globalized world.

---

Мордовина Татьяна Валерьевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», e-mail: tvmordovina76@mail.ru; Воякина Елена Юрьевна – кандидат филологических наук, доцент кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

By adhering to principles that prioritize real-world application, particularly through the communicative method, educators can significantly enhance the effectiveness of POFL programs. This approach ensures that training is relevant, engaging, and directly applicable to learners' professional contexts, fostering both linguistic proficiency and professional confidence [2].

Professional English training can be tailored to the specific needs of individuals or groups and may include role-playing exercises, case studies, and real-world simulations to enhance practical skills [3].

This kind of training is highly relevant and beneficial for individuals in various ways. It can

- *improve communication skills* (Professional English training helps individuals communicate more effectively and confidently in professional settings. This includes speaking clearly, writing professionally, and understanding the nuances of communication in a professional context);

- *expand career opportunities* (Developing strong language skills through professional training can open up new career opportunities and advancement prospects. Employers often value employees who can communicate effectively in English, especially in global industries);

- *provide industry-specific knowledge* (Professional English training focuses on industry-specific vocabulary and terminology, helping individuals better understand and discuss topics relevant to their field of work. This knowledge can enhance credibility and effectiveness in professional interactions);

- *increase confidence* (As individuals improve their language skills through professional training, they gain confidence in their ability to communicate effectively in various professional situations. This confidence can lead to better performance and success in their careers) [3, 4].

### **Pedagogical principles of professionally oriented foreign language teaching**

The integration of foreign language proficiency with specific professional disciplines has become increasingly critical in today's globalized workforce. Professionals in virtually every field are now expected to communicate effectively across linguistic and cultural boundaries. Therefore, effective professionally oriented foreign language (POFL) teaching necessitates a pedagogical approach grounded in well-defined principles. Simply teaching general language skills is insufficient; learners require targeted instruction that directly addresses the linguistic demands and communicative contexts of their chosen profession. A comprehensive understanding of these guiding principles is paramount for educators to design and implement impactful curricula, select appropriate materials, and employ effective teaching strategies that will equip learners with the necessary language skills to succeed in their professional lives. Without a firm grasp on these foundational principles, POFL teaching risks becoming diluted, irrelevant, and ultimately, ineffective in preparing learners for the real-world challenges they will face [5]. The following basic principles of professionally oriented teaching of a foreign language are identified:

- *Needs Assessment* (Before designing a training program, it is essential to conduct a thorough needs assessment to identify the specific skills and knowledge gaps that need to be addressed. This helps ensure that the training is relevant and tailored to the needs of the participants.);

- *Clear Learning Objectives* (Training programs should have clear and specific learning objectives that outline what participants are expected to learn and achieve by the end of the training. These objectives help guide the design and delivery of the training.);

- *Practical and Hands-On Learning* (Professionally oriented training should provide opportunities for participants to apply their learning in practical, real-world scenarios. Hands-on activities, case studies, simulations, and role-plays can help reinforce learning and enhance skill development.);

- *Interactive and Engaging Delivery* (Training programs should be interactive and engaging to keep participants motivated and actively involved in the learning process. Interactive activities, group discussions, quizzes, and multimedia resources can help make the training more dynamic and effective.);

- *Feedback and Assessment* (Regular feedback and assessment are essential components of professionally oriented training. Participants should receive constructive feedback on their progress and performance to help them track their development and identify areas for improvement.);

- *Continuous Improvement* (Professionally oriented training should be a continuous process that evolves based on feedback, evaluation, and changing industry trends. Training programs should be regularly reviewed and updated to ensure they remain relevant and effective.);

- *Application to the Workplace* (The ultimate goal of professionally oriented training is to equip participants with the skills and knowledge they need to excel in their professional roles. Training programs should focus on practical applications and provide participants with tools and strategies they can use in their day-to-day work.) [3, 6]

By following these basic principles, professionally oriented training programs can effectively enhance participants' skills, knowledge, and competencies, ultimately contributing to their success in their chosen profession or industry.

### **Methodological techniques**

There are several methodological techniques commonly used in professionally oriented training of foreign language to enhance learning and skill development. Some of the basic methodological techniques include:

- *Lecture-Based Training* (This traditional method involves an instructor presenting information to participants in a structured format. Lectures can be supplemented with visual aids, handouts, and multimedia resources to enhance understanding);

- *Interactive Workshops* (Workshops provide a hands-on learning experience where participants actively engage in activities, discussions, and group exercises related to the training topic. Workshops encourage collaboration, problem-solving, and practical application of knowledge);

- *Case Studies* (Case studies present real-world scenarios or problems for participants to analyze, discuss, and solve. Case studies help participants apply theoretical concepts to practical situations and develop critical thinking and decision-making skills);

- *Role-Playing* (Role-playing involves participants taking on specific roles or characters to simulate workplace interactions, scenarios, or challenges. Role-playing helps participants practice communication, conflict resolution, and problem-solving skills in a safe and controlled environment.);

- *Simulations* (Simulations replicate real-life situations or processes to allow participants to practice skills and decision-making in a realistic setting. Simulations can be computer-based, virtual reality-based, or conducted in person to enhance experiential learning);

- *Group Projects* (Group projects involve participants working together on a collaborative project or task related to the training topic. Group projects promote teamwork, communication, and problem-solving skills while providing opportunities for peer learning and knowledge sharing);

- *On-the-Job Training* (On-the-job training involves learning while performing tasks or responsibilities in the actual work environment. This hands-on approach allows participants to apply newly acquired knowledge and skills immediately and receive feedback from supervisors or mentors);

- *E-Learning* (E-learning utilizes digital technology and online platforms to deliver training content, assessments, and interactive activities. E-learning offers flexibility, accessibility, and self-paced learning options for participants to engage with training materials anytime, anywhere).

By incorporating a mix of these methodological techniques into professionally oriented training programs, trainers can create engaging, effective, and impactful learning experiences that cater to different learning styles and preferences [4, 7].

### **Role-playing games and case studies**

The most widely used methodological techniques for professionally oriented teaching of a foreign language area role-playing game and a case study.

Role-playing games and case studies are both valuable instructional tools used in training and educational settings, but they differ in terms of format, structure, and objectives. Here are some key differences between role-playing games and case studies:

#### *1. Format and Structure:*

Role-playing games involve participants taking on specific roles or characters within a simulated scenario. Participants interact with each other and make decisions based on the roles they are assigned, often leading to dynamic and unpredictable outcomes.

Case studies, on the other hand, present real or fictional scenarios that require analysis, evaluation, and decision-making based on the information provided. Participants typically work individually or in groups to analyze the case study and propose solutions or recommendations.

#### *2. Interactivity:*

Role-playing games are highly interactive and require active participation from all participants. They involve live interactions, dialogue, negotiation, and decision-making in real-time.

Case studies are more passive in nature, with participants primarily engaging in analysis and discussion based on the information presented in the case study. While discussions and debates may occur, the level of interactivity is generally lower compared to role-playing games.

### 3. Objectives:

Role-playing games are often used to develop skills such as communication, problem-solving, teamwork, and conflict resolution through experiential learning. The focus is on immersing participants in realistic scenarios to practice skills in a dynamic and engaging way.

Case studies are typically used to analyze complex situations, apply theoretical knowledge to practical contexts, and develop critical thinking and decision-making skills. The focus is on understanding the factors influencing a particular situation and proposing solutions based on analysis and evaluation.

### 4. Outcome:

Role-playing games often result in immediate feedback, reflection, and debriefing sessions where participants can discuss their experiences, decisions, and outcomes. The emphasis is on learning through experience and reflection.

Case studies usually lead to group discussions, presentations, or written reports where participants analyze the case study, identify key issues, and propose recommendations or solutions. The emphasis is on applying analytical skills to understand complex situations.

To sum up all the comparisons, we can say that role-playing games emphasize experiential learning, active participation, and skill development through immersive scenarios, while case studies focus on analysis, critical thinking, and decision-making based on real or fictional situations. Both approaches have unique benefits and can be effective tools for enhancing learning outcomes in professional training and education.

## **Benefits and examples of role-playing games**

Using role-playing games in professionally oriented training can offer several benefits:

1. Role-playing games provide participants with hands-on, immersive experiences that simulate real-world situations. This allows them to apply theoretical knowledge in a practical context and gain valuable insights into the complexities of professional scenarios.

2. Role-playing games can help participants develop a wide range of skills, including communication, problem-solving, decision-making, negotiation, leadership, and conflict resolution. By actively engaging in role-playing scenarios, participants can practice and refine these skills in a safe and supportive environment.

3. Role-playing games can evoke emotional responses from participants, making the learning experience more engaging and memorable. By experiencing the challenges, conflicts, and dilemmas faced by characters in the role-playing scenarios, participants can develop empathy, perspective-taking, and emotional intelligence [3, 8].

4. Role-playing games often require participants to work together in teams to achieve common goals or solve complex problems. This promotes

collaboration, communication, and teamwork skills, as participants must coordinate their efforts, share information, and make decisions collectively.

5. Role-playing games encourage participants to think creatively, explore alternative perspectives, and generate innovative solutions to challenges. By stepping into different roles and considering different viewpoints, participants can expand their thinking and develop new approaches to problem-solving.

6. Role-playing games provide opportunities for participants to receive feedback from facilitators or peers on their performance, decisions, and interactions during the game. This feedback can help participants reflect on their strengths and areas for improvement, leading to enhanced self-awareness and personal growth [3, 9].

7. Role-playing games allow participants to apply their knowledge and skills in realistic scenarios, helping them bridge the gap between theory and practice. By actively engaging in role-playing activities, participants can deepen their understanding of key concepts and principles relevant to their professional field.

Overall, using role-playing games in professionally oriented training can be a highly effective and engaging method for developing essential skills, fostering collaboration, promoting creativity, and enhancing learning outcomes. By incorporating role-playing activities into training programs, educators can create dynamic and interactive learning experiences that prepare participants for the challenges of the workplace.

As an example, a following role-playing game for management students on the topic “A job interview” can be considered:

**Scenario 1:** *A job interview for a customer service position at an international company.*

**Roles:**

1. Interviewer (Trainer or another participant).
2. Interviewee (Participant being evaluated).

**Instructions:**

1. The interviewer will prepare a list of interview questions related to customer service skills, communication abilities, problem-solving, and teamwork.

2. The interviewee will research the company and the position, prepare responses to common interview questions, and dress appropriately for the role-play.

3. The role-playing session will begin with the interviewer welcoming the interviewee and initiating the interview process.

4. The interviewee will respond to the questions, demonstrate active listening, ask clarifying questions, and provide relevant examples from their experience.

5. The interviewer will provide feedback on the interviewee's responses, body language, tone of voice, and overall performance during the role-play.

6. After the role-playing session, participants can switch roles and repeat the activity to practice both interviewing and being interviewed.

Here's another example of how a role-playing game could be used in a management education setting:

**Scenario 2:** *A crisis management simulation for a team of managers in a multinational corporation facing a major business challenge.*

**Roles:**

1. CEO (Instructor or designated participant).
2. Department Heads (Students representing different functional areas such as marketing, finance, operations, HR).
3. Crisis Management Team (Students tasked with addressing the crisis).
4. Stakeholders (Students representing investors, customers, employees).

**Instructions:**

1. The instructor will create a detailed scenario involving a crisis situation (e.g., product recall, financial scandal, natural disaster) that requires immediate action and strategic decision-making.
2. Each student will be assigned a role and provided with background information on their responsibilities, goals, and constraints.
3. The role-playing game will unfold in real-time, with the crisis evolving and new challenges emerging as the team makes decisions and takes actions.
4. Participants will collaborate, communicate, analyze information, develop strategies, and implement solutions to address the crisis.
5. The instructor will act as a facilitator, guiding the simulation, introducing new elements, and providing feedback on the team's performance.
6. After the simulation, a debriefing session will allow students to reflect on their experiences, discuss lessons learned, and identify areas for improvement.

Thus, by incorporating role-playing activities like this into English language training programs, participants can enhance their language proficiency, communication skills, and cultural awareness while gaining practical experience in real-world scenarios commonly encountered in professional environments.

### **Benefits and examples of Case Studies**

The case study technique is also a valuable tool in professionally oriented training for several reasons:

1. Case studies present students with authentic, complex business situations that mirror the challenges they may encounter in their future careers. This helps bridge the gap between theoretical concepts and practical application, making learning more relevant and engaging.
2. Analyzing and discussing case studies requires students to think critically, evaluate multiple perspectives, and develop creative solutions to complex problems. This helps build their problem-solving skills and prepares them for the uncertainties of the professional world.
3. Case studies often present ambiguous or incomplete information, forcing students to make decisions in uncertain conditions. This helps students develop the ability to weigh risks, consider trade-offs, and make informed decisions based on available information.

4. The case study technique allows students to apply theoretical concepts learned in the classroom to real-world scenarios. This helps reinforce their understanding of key principles and theories while demonstrating how these concepts are applied in practice.

5. Many case studies are designed for group discussion and analysis, encouraging students to work together, share ideas, and collaborate on finding solutions. This fosters teamwork skills, communication abilities, and the capacity to work effectively in diverse teams.

6. Case studies often include ethical dilemmas or challenges, prompting students to consider the ethical implications of their decisions and actions. This helps develop students' ethical reasoning, moral judgment, and integrity as future professionals.

7. Case studies can be used to simulate real-world scenarios that require students to develop practical skills such as communication, negotiation, leadership, and project management. This hands-on experience helps students build a repertoire of skills that are essential for success in their professional careers [9].

Overall, the case study technique is a powerful tool for enhancing professionally oriented training by providing students with practical, relevant, and engaging learning experiences that prepare them for the complexities of the business world. By incorporating case studies into their curriculum, educators can help students develop critical thinking, problem-solving, decision-making, and ethical reasoning skills that are essential for success in their future careers.

Here are two examples of case studies for management students:

#### **Case Study 1: *The Dilemma of Ethical Leadership***

**Scenario:** A manager at a multinational corporation discovers that one of the company's suppliers is engaging in unethical labor practices, including child labor and unsafe working conditions. The manager must decide whether to report the supplier's actions to senior management, risking potential repercussions for the company's bottom line and reputation, or to turn a blind eye to maintain business relationships and profitability.

##### **Learning Objectives:**

- Ethical decision-making in business;
- Leadership responsibilities and accountability;
- Balancing ethical considerations with business interests;
- Stakeholder management and corporate social responsibility.

##### **Discussion Questions:**

1. What ethical principles should guide the manager's decision in this situation?
2. How can the manager effectively communicate concerns about the supplier's practices to senior management?
3. What are the potential risks and benefits of taking action against the supplier?
4. How can the company uphold its values and reputation while maintaining business relationships?
5. What steps can the manager take to address the ethical dilemmas and prevent similar situations in the future?

### **Case Study 2: *Crisis Management in the Digital Age***

**Scenario:** A popular retail company faces a social media backlash after a customer posts a video showing a defective product and criticizing the company's customer service. The negative publicity spreads rapidly online, causing a significant drop in sales and damaging the company's brand image. The management team must respond quickly and effectively to address the crisis, restore customer trust, and mitigate the impact on the business.

#### **Learning Objectives:**

- Crisis communication and reputation management;
- Social media strategy and online brand management;
- Customer relationship management and service recovery;
- Strategic decision-making under pressure.

#### **Discussion Questions:**

1. How should the company respond to the social media backlash in a timely and authentic manner?
2. What communication channels and strategies can be used to address customer concerns and manage the crisis effectively?
3. How can the management team coordinate efforts across different departments to respond to the crisis?
4. What steps can the company take to rebuild trust with customers and regain market confidence?
5. How can the company leverage digital tools and platforms to monitor, analyze, and respond to online feedback and reputation threats?

These case studies provide management students with practical examples of complex business challenges and opportunities to analyze, discuss, and develop strategies for addressing them effectively. By engaging in discussions, role-playing exercises, and group activities based on these case studies, students can enhance their critical thinking, problem-solving, and decision-making skills while gaining insights into real-world management practices.

### **Conclusion**

In conclusion, professionally oriented foreign language teaching is a vital component of modern professional development. By adhering to the principles outlined – thorough needs assessment, clearly defined learning objectives, and a focus on practical, hands-on learning – educators can significantly enhance the effectiveness of their POFL programs. These principles ensure that the training is not only relevant and engaging but also directly applicable to the learners' professional contexts, fostering both linguistic competence and professional confidence.

The benefits of well-designed and implemented POFL training extend beyond individual learners. Organizations that invest in such training for their employees stand to gain a competitive advantage in the global marketplace. Improved communication skills lead to enhanced collaboration, stronger client relationships, and increased efficiency in international operations. Furthermore, a workforce proficient in a foreign language can better access and utilize global resources, fostering innovation and growth.

However, the success of POFL teaching hinges not only on adhering to these fundamental principles but also on continuous adaptation and

improvement. Educators must remain attuned to the evolving needs of the professional landscape and the advancements in language teaching methodologies. Regular evaluation of training programs, feedback from learners, and ongoing professional development for instructors are essential for maintaining the relevance and effectiveness of POFL instruction.

Ultimately, the goal of POFL teaching is to empower individuals to communicate confidently and effectively in their professional lives, regardless of linguistic or cultural barriers. By embracing a principled approach to curriculum design, instructional delivery, and assessment, educators can equip learners with the tools they need to thrive in an increasingly interconnected world, contributing to both their personal success and the overall competitiveness of their organizations.

### References

1. Shuhratovna K.D. Professional-Oriented Teaching of English, *International Journal of Language Learning and Applied Linguistics*, 2023, vol. 2, no. 3, pp. 183-188. doi: 10.51699/ijllal.v2i3.1342

2. Mikheeva N., Petrova M., Khabryankina A. Professional-Oriented English Language Teaching of the Future Specialist in Higher Institutions. *Conference: XVIII International Conference Professional culture of the specialist of the future at Saint-Petersburg*, 2018, vol. LI, pp. 1242-1253. doi:10.15405/epsbs.2018.12.02.134

3. Richards J.C. *Approaches and Methods in Language Teaching*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2008. 269 p.

4. Shaimova G.A., Shavkiyeva D.Sh. [Professionally-oriented teaching of English in non-linguistic universities], *Molodoj uchjonyj* [Young scientist], 2013, no. 11, pp. 692-694. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Sagiyeva A.T., Utegenova A., Rakisheva, Zh.B. Communicative activity in teaching professionally oriented English: a methodological aspect, *Bulletin of the Karaganda University, Pedagogy series*, 2023, vol. 112, no. 4, pp. 133-139. doi: 10.31489/2023Ped4/133-139

6. Salieva Z.I. [Modern Trends in Foreign Language Education and their Application in the Educational Process], *Vestnik nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Science and Education], 2021, no. 1-1(104), pp. 59-61. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Skril I. Methodological Approaches to the Formation of Professionally Oriented English Lexical Competence in Speaking in Future Specialists of Hotel and Restaurant Business, *ScienceRise: Pedagogical Education*, 2021, pp. 15-22. doi: 10.15587/2519-4984.2021.241191

8. Prenger R., Poortman C., Handelzalts A. Factors influencing teachers' professional development in networked professional learning communities, *Teaching and Teacher Education*, 2017, vol. 68, no. 3, pp. 77-90. doi: 10.1016/j.tate.2017.08.014

9. Erofeeva E.V., Skopova L.V. Methodology of Developing a Professionally-Oriented Course Book for French as a Second Foreign Language, *Philological Class*, 2020, vol. 25, no. 1, pp. 153-163. doi: 10.26170/FK20-01-15

### Список литературы

1. Shuhratovna, K. D. Professional-Oriented Teaching of English / K. D. Shuhratovna // *International Journal of Language Learning and Applied Linguistics*. – 2023. – Vol. 2, No. 3. – P. 183 – 188. doi: 10.51699/ijllal.v2i3.1342

2. Mikheeva, N. Professional-Oriented English Language Teaching of the Future Specialist in Higher Institutions / N. Mikheeva, M. Petrova, A. Khabryankina // *Conference: XVIII International Conference Professional culture of the specialist of the future at Saint-Petersburg*. – Saint-Petersburg, 2018. – Vol. LI. – P. 1242 – 1253. doi:10.15405/epsbs.2018.12.02.134

3. Richards, J. C. Approaches and Methods in Language Teaching / J. C. Richards. – Cambridge : Cambridge Univ. Press, 2008. – 269 p.
4. Шаимова, Г. А. Профессионально-ориентированное обучение английскому языку в неязыковых вузах / Г. А. Шаимова, Д. Ш. Шавкиева // Молодой ученый. – 2013. – № 11. – С. 692 – 694.
5. Sagiyeva, A. T. Communicative activity in teaching professionally oriented English: a methodological aspect / A. T. Sagiyeva, A. Utegenova, Zh. B. Rakisheva // Bulletin of the Karaganda University. Pedagogy series. – 2023. – Vol. 112, No. 4. – P. 133 – 139. doi: 10.31489/2023Ped4/133-139
6. Салиева, З. И. Современные тенденции иноязычного образования и их применение в учебном процессе / З. И. Салиева // Вестник науки и образования. – 2021. – № 1(104), часть 1. – С. 59 – 61.
7. Skril, I. Methodological Approaches to the Formation of Professionally Oriented English Lexical Competence in Speaking in Future Specialists of Hotel and Restaurant Business / I. Skril // ScienceRise: Pedagogical Education. – 2021. – P. 15 – 22. doi: 10.15587/2519-4984.2021.241191
8. Prenger, R. Factors Influencing Teachers' Professional Development in Networked Professional Learning Communities / R. Prenger, C. Poortman, A. Handelzalts // Teaching and Teacher Education. – 2017. – Vol. 68, No. 3. – P. 77 – 90. doi: 10.1016/j.tate.2017.08.014
9. Erofeeva, E. V. Methodology of Developing a Professionally-Oriented Course Book for French as a Second Foreign Language / E. V. Erofeeva, L. V. Skopova // Philological Class. – 2020. – Vol. 25, No. 1. – P. 153 – 163. doi: 10.26170/FK20-01-15
- 

## **Принципы и методические приемы профессионально-ориентированного обучения английскому языку**

**Т. В. Мордовина, Е. Ю. Воякина**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** методические приемы; педагогические принципы; профессионально ориентированное обучение иностранному языку; ролевые игры; тематические задания.

**Аннотация:** Профессионально ориентированное обучение иностранному языку имеет решающее значение для глобального профессионального мира сегодня. Показана необходимость понимания педагогических принципов для эффективного обучения профессионально ориентированному обучению иностранному языку. Рассмотрены различные методические приемы профессионально ориентированного обучения английскому языку, выделяя ролевые игры и тематические задания как наиболее эффективные методы обучения. Приведены примеры разработанных ролевых игр и тематических заданий для студентов, обучающихся в области менеджмента. Отмечено, что включение сочетания этих методических приемов в профессионально ориентированные программы обучения может помочь преподавателям в создании увлекательных, эффективных и результативных учебных процессов, которые соответствуют различным стилям обучения и предпочтениям.

---

© Т. В. Мордовина, Е. Ю. Воякина, 2025

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ И МОДЕЛЬ  
ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ И ИХ ОТРАЖЕНИЕ  
В СОДЕРЖАНИИ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
УЧИТЕЛЕЙ**

**В. И. Снегурова, И. Б. Готская, Н. И. Волынчук**

*ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», Москва, Россия; ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия*

**Ключевые слова:** естественнонаучная грамотность; концептуальные подходы; математическая грамотность; оценка динамики формирования; функциональная грамотность; читательская грамотность.

**Аннотация:** Рассмотрена и обоснована целесообразность построения процесса оценки динамики формирования функциональной грамотности с опорой на систему концептуальных подходов. Приведены обоснования необходимости расширения системы концептуальных подходов, которые были положены в основу мониторинга формирования функциональной грамотности за счет дополнения новыми подходами, принципиально важными для оценки динамики ее формирования. Проанализированы объективные данные об изменении уровня сформированности как в целом функциональной грамотности обучающихся 8-х классов, так и трех ее основных компонентов (математической, естественнонаучной и читательской). Выявлена необходимость введения дополнительных параметров и выделения дополнительных концептуальных подходов, соответствующих специфике оценки динамики изменения уровня сформиро-

---

Снегурова Виктория Игоревна – доктор педагогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник центра математического и естественнонаучного общего образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», e-mail: Snegurova@bk.ru, Москва, Россия; Готская Ирина Борисовна – доктор педагогических наук, профессор кафедры информационных технологий и электронного обучения, ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена», Санкт-Петербург, Россия; профессор факультета программной инженерии и компьютерных технологий, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия; Волынчук Наталья Ивановна – кандидат педагогических наук, заведующий центром математического и естественнонаучного общего образования, ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», Москва, Россия.

ванности функциональной грамотности. Предложены система концептуальных подходов, а также описание и характеристика многоуровневой модели оценки динамики формирования функциональной грамотности, построенной на основе данной системы.

## Введение

Разработка концептуальных подходов к оценке динамики формирования функциональной грамотности (ФГ) обучающихся основной школы с учетом результатов исследований, проведенных в 2019 – 2024 гг., базировалась на выделении двух групп подходов в соответствии с двумя задачами. *Первая задача* – разработка инструментария для формирования и оценки сформированности функциональной грамотности. Соответствующая ей первая группа концептуальных подходов – основа разработки банка заданий для формирования и оценки функциональной грамотности обучающихся. *Вторая задача* – определение методов, критериев и параметров, на основе которых строится процедура оценки динамики и анализа полученных результатов. В соответствии с ней выделяется вторая группа подходов – дополнительные подходы, принципиально важные для оценки динамики формирования функциональной грамотности обучающихся.

## Постановка проблемы

Проблеме формирования ФГ обучающихся, в том числе различных ее компонентов, посвящены исследования как отечественных, так и зарубежных ученых. При этом внимание уделялось как формированию функциональной грамотности обучающихся на разных уровнях образования: обучающихся общеобразовательных школ [1 – 12], студентов вузов [13, 14], в том числе будущих учителей [14 – 16], так и взрослых [17, 18]. В некоторых зарубежных исследованиях по изучению опыта формирования ФГ ряда стран в 2003 – 2015 гг. [19] показано, что повышению уровня ФГ способствует систематическая работа с обучающимися, построенная на основе результатов исследований, посвященных ее формированию.

К особенностям формирования отдельных компонентов ФГ, повышению эффективности такой работы исследователи обращались как в аспекте формирования компонентов ФГ в ходе изучения отдельных предметов и практик [6, 12, 13], так и в целом [2, 3, 20]. Решению практико-ориентированных задач в контексте подготовки к формированию функциональной и финансовой грамотности обучающихся в условиях преемственности между уровнями образования посвящено исследование [5].

Общие концептуальные подходы к оценке результатов формирования ФГ выделены в исследованиях [10, 21], а к проектированию модели формирования отдельных компонентов функциональной грамотности – [22]. В работе [10] рассмотрены концептуальные основы повышения качества сформированности ФГ в рамках сетевого взаимодействия, а также показана результативность мониторинга повышения качества ее формирования.

В ряде исследований изучались общие подходы к составлению заданий для «мягкого мониторинга» по оценке и формированию математической грамотности [7], оцениванию читательской грамотности как компонента функциональной грамотности в контексте международного исследования PISA [22], процесс мониторинга и измерения грамотности взрослых, при этом анализировались различные модели для разных целей [23]. Однако целостно к вопросу исследования концептуальных подходов к оценке результатов и динамики формирования функциональной грамотности обучающихся исследователи не подходили.

*Цель статьи* – описание концептуальных подходов и модели оценки динамики формирования функциональной грамотности обучающихся и их отражение в содержании дополнительных профессиональных программ повышения квалификации учителей.

### **Методология и методы исследования**

Методология разработки концептуальных подходов к оценке динамики формирования функциональной грамотности обучающихся основной школы с учетом результатов исследований, проведенных в 2019 – 2024 гг., базировалась на выделении двух групп подходов. *Первая группа* – концептуальные подходы, которые являлись основой разработки банка заданий для формирования и оценки функциональной грамотности. *Вторая* – дополнительные подходы, принципиально важные для оценки динамики формирования функциональной грамотности. Очевидно, что оценка динамики является важным инструментом для анализа изменений и тенденций в процессе формирования функциональной грамотности. Заметим, что результаты анализа динамики являются основой прогнозирования дальнейших изменений уровня функциональной грамотности и отдельных ее компонентов как по выборке в целом, так и в отдельных регионах и образовательных организациях.

Среди подходов к отбору содержания для разработки заданий выделены следующие: системно-деятельностный, задачный, компетентностный, контекстный и социокультурный, выбор которых обусловлен непосредственно содержанием, методами и средствами диагностики функциональной грамотности в целом и трех основных ее компонентов (математической, читательской и естественнонаучной грамотности). В частности, основными средствами диагностики функциональной грамотности обучающихся выступали проблемные задания, в которых задачная ситуация была представлена реальной жизненной или близкой к жизненной проблемой, анализ и решение которых предполагал проявление продуктивной и творческой активности, то есть применения знаний и умений в незнакомых и новых ситуациях и т.д. При этом ключевыми характеристиками таких задач, оказывающими влияние на оценку, являются уровень сложности, содержательная область оценки, компетентностная область оценки, контекст и объект оценки, что предопределило применение обозначенных выше подходов (задачного, компетентностного и контекстного). В то же

время содержание жизненных или близких к ним проблем, представленных в задачах ситуациях, всегда отражает культурные, социальные и региональные особенности, что приближает контекст таких задач ситуаций к наблюдаемым учащимися в реальной жизни. Соответственно, именно региональная социокультурная детерминация задач ситуаций обусловила необходимость применения междисциплинарного социокультурного подхода.

Обоснованность этих подходов подтверждается также сущностью используемых на предыдущих этапах исследования трактовок понятий «функциональная грамотность», «функционально грамотный человек» с опорой на выделенные пять подходов. В качестве ведущего методологического подхода выбран системно-деятельностный, который позволяет рассматривать ключевые понятия, структуру и компоненты функциональной грамотности и используемые средства, инструментарий диагностики, характеристики заданий как систему взаимосвязанных элементов, а также обеспечивает построение логики всего исследования, разработки вариативных методологических подходов, практическое применение которых в комплексе с инвариантными не только обеспечивает преемственность, достоверность и возможность реалистичного прогнозирования дальнейших направлений исследований, но и является основой для проектирования многоуровневой модели оценки динамики формирования функциональной грамотности обучающихся основной школы. Дополнительно следует уточнить, что выбор концептуальных подходов предполагал опору на общероссийские исследования по модели PISA (2019 – 2022 гг.) и общероссийский мониторинг на национальном инструментарии по модели PISA (2023 г.).

Уточним, что выбор параметров для оценки динамики определяется методической целесообразностью. Например, оценка динамики сформированности нескольких характеристик рациональна для случаев, когда при диагностике использовалось более одного задания на элемент. Вариант выбора двух характеристик для фиксации и анализа динамики успешности представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Выбор двух характеристик для фиксации динамики формирования функциональной грамотности обучающихся**

Характеристика	Область оценки		Контекст	Уровень сложности	Формат ответа
	содержательная	компетентностная			
Содержательная область оценки		+	+	+	+
Компетентностная область оценки	+		+	+	+
Контекст	+	+		+	+

## Результаты исследования, обсуждение

Объектами анализа выступили результаты исследований формирования и оценки ФГ (в том числе математической, естественнонаучной и функциональной), проведенных в 2023 г., а также отдельные результаты исследований 2019 – 2022 гг., необходимые для проведения сравнительного анализа и выявления общих тенденций в формировании функциональной грамотности и ее отдельных компонентов.

Результаты сравнительного анализа распределения для 2019 – 2022 гг. и в 2023 г. позволяют выявить общую тенденцию повышения уровня ФГ и ее компонентов (математической, естественнонаучной и читательской грамотности). Однако для научного обоснования полученных результатов необходимо проведение дополнительных исследований, которые бы объяснили не только причины снижения процента обучающихся, результаты которых ниже минимальных (ниже 2 уровня (2019 – 2022 гг.); недостаточный уровень (2023 г.)), но также увеличение процента обучающихся, показавших результаты 5 и 6 уровней (2019 – 2022 гг.) или повышенного и высокого уровня (2023 г.).

Мониторинговые исследования формирования математической, естественнонаучной и читательской грамотности были сфокусированы на результатах выполнения заданий в разрезе «компетентностная область». Однако выявленные тенденции по каждому из трех компонентов функциональной грамотности не позволяют провести научное осмысление и обоснование полученных результатов, в том числе и на качественном уровне. Например, полученные высокие или низкие результаты могут быть связаны с низким уровнем сложности задания или с форматом ответа, а также могут определяться различными комбинациями характеристик заданий, как следствие, синергетическим эффектом, влияющим на успешность выполнения заданий. Для проведения таких исследований необходима корректировка концептуальных подходов, в том числе разработка дополнительных характеристик и параметров, мониторинг которых позволил бы сделать качественную оценку полученных результатов, выявить новые зависимости успешности выполнения заданий от характеристик самих заданий.

Аналогичная ситуация и с анализом результатов исследования по образовательным организациям: результаты мониторинга выявили общие для всех проблемы, но при этом вне поля исследования остались причинные факторы, связанные в том числе и с научно-методическим сопровождением, проведением целевых мероприятий для педагогов и обучающихся и т.д.

Разработка подходов к оценке динамики формирования функциональной грамотности обучающихся основной школы базировалась на результатах проведенного анализа характеристик заданий и результатов оценки функциональной грамотности на предыдущих этапах (2019 – 2022 гг., 2023, 2024 гг.), что позволило выявить имеющиеся дефициты в результатах оценки успешности выполнения заданий, осложняющие интерпретацию количественных показателей динамики формирования функциональной грамотности, а также научное осмысление полученных результатов. В частности, на предыдущих этапах не исследовалась зависимость того или иного уровня, например, математической грамотности от успешности

выполнения заданий, предполагающих сформированность отдельных или нескольких характеристик, а также взаимовлияние и взаимозависимость в достижении форсированности характеристик, то есть влияет ли сформированность одной или нескольких характеристик на достижение сформированности другой характеристики или нескольких характеристик; насколько на успешность выполнения задания в целом влияет сформированность нескольких отдельных характеристик.

В качестве основных выделены когнитивный и многоуровневый подходы. Когнитивный подход фокусируется на процессах мышления и познания, оценивая, как учащиеся осваивают информацию и применяют ее в новых ситуациях. Его применение связано с такой ключевой характеристикой проблемных заданий, как уровень сложности (уровень сложности коррелирует с когнитивным уровнем), что позволило сделать вывод о необходимости детализации характеристик оценки успешности выполнения заданий и выделении дополнительных параметров, анализ динамики изменения которых позволил бы сделать вывод о причинных факторах, влияющих на результаты диагностики ФГ и ее компонентов. Многоуровневый подход позволил говорить о необходимости выделения характеристик функциональной грамотности и ее компонентов разного уровня. Очевидно, что разработанные задания охватывают различные аспекты функциональной грамотности: содержательные, контекстные и компетентностные (чтение, письмо, математические навыки, критическое мышление, умение решать проблемы и т.д.), которые могут быть структурированы по нескольким уровням с учетом особенностей динамики формирования функциональной грамотности в целом.

Применение в комплексе обозначенных выше концептуальных подходов обеспечивает более полное представление не только о динамике формирования функциональной грамотности и ее составляющих в целом, но и об имеющихся дефицитах, динамике их устранения. Дополнительно обеспечена возможность качественного анализа особенностей процесса формирования функциональной грамотности и ее отдельных компонентов на уровне региона и образовательной организации.

В качестве основного выделен количественный подход. В данном исследовании он основан на применении совокупности заданий для измерения уровня функциональной грамотности и отборе статистических методов анализа результатов и выявления динамики изменений, адекватных как специфике содержания заданий, так и специфике выделенных при решении предыдущей задачи параметров оценки.

Для анализа результатов в качестве основных определены системный и интегративный подходы. Системный подход, с одной стороны, рассматривает функциональную грамотность как систему взаимосвязанных компонентов (знаний, умений, контекстов, элементов содержания и т.д.), которые четко определены, с другой – определяет связи между ними, что позволяет оценивать динамику их формирования в контексте целостного процесса, в том числе отслеживая влияние результатов и динамики формирования одного из компонентов на другие и на систему в целом.

Интегративный подход предполагает сочетание и взаимное дополнение проведения количественного и качественного анализа, что позволяет

получить более полную картину динамики формирования функциональной грамотности обучающихся.

Таким образом, решая задачу оценки динамики формирования функциональной грамотности обучающихся основной школы, на основе анализа процесса оценки, выделены пять концептуальных подходов: компетентностный, когнитивный, многоуровневый, системный и интегративный.

Применение выделенных подходов позволяет выявить динамику сформированности (рост или снижение) и распределения учащихся по уровням не только функциональной грамотности и ее компонентов в целом, но и по каждой отдельной характеристике, а также по нескольким (двум и более) характеристикам в их зависимости друг от друга.

На основе выделенных концептуальных подходов к оценке динамики формирования ФГ обучающихся основной школы с учетом результатов анализа и научного осмысления результатов ее сформированности сконструирована многоуровневая модель оценки динамики формирования ФГ обучающихся основной школы, которая является комплексной по отношению к оценке динамики формирования функциональной грамотности. Она включает в себя как качественные, так и количественные методы, что позволяет получить максимально полное представление о процессе и динамике формирования функциональной грамотности обучающихся и разработать стратегии для дальнейшего повышения ее уровня.

Модель содержит параметры четырех уровней – от нулевого до третьего (рис. 1).

Нулевой уровень отражает динамику формирования функциональной грамотности в целом (динамика распределения учащихся по уровням функциональной грамотности). Анализ результатов на данном уровне

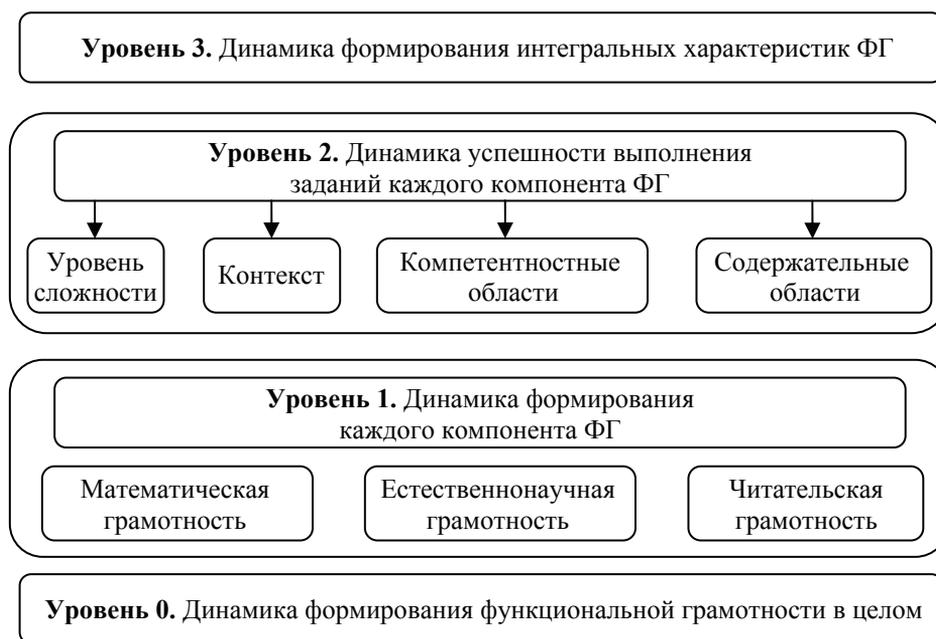


Рис. 1. Модель оценки динамики формирования функциональной грамотности

позволяет сделать обобщенный вывод о характере динамики изменения уровня сформированности функциональной грамотности как в целом по выборке, так и по отдельным регионам и/или (при необходимости) по образовательным организациям или типам образовательных организаций.

Характер динамики позволяет сделать вывод о том, каковы тенденции изменения.

*Во-первых*, происходит ли рост (или, наоборот, спад или сохранение) уровня сформированности функциональной грамотности в целом.

*Во-вторых*, растет ли (снижается, остается постоянным) количество учащихся на высоком (повышенном, среднем, низком, недостаточном) уровне функциональной грамотности.

*В-третьих*, как вообще изменяется количество учащихся на каждом уровне функциональной грамотности: есть ли тенденция увеличения количества обучающихся от более низких к более высоким уровням; нет ли тенденции к «накоплению» количества обучающихся на каком-то уровне и т.д.

Наконец, позволяет ли выявленная динамика сделать вывод о стабильном росте (падении, сохранении уровня) функциональной грамотности по выборке в целом, по отдельным регионам и по отдельным образовательным организациям? Сравнивая характер динамики распределения учащихся по уровням функциональной грамотности, можно выделить как наиболее успешные, так и проблемные.

*Первый уровень* характеризует общий уровень сформированности каждого компонента функциональной грамотности и его динамику.

Совершенно очевидно, что обобщенная картина по динамике формирования функциональной грамотности не является достаточной для выработки рекомендаций по работе над формированием функциональной грамотности обучающихся. Она не позволяет определить, что является причиной ее снижения или недостаточного роста. Поэтому целесообразно выполнить анализ динамики распределения учащихся по уровням компонентов функциональной грамотности: математической, естественнонаучной, читательской.

Предметом анализа на данном уровне является в первую очередь характер динамики изменения уровня сформированности каждого из компонентов функциональной грамотности как в целом по выборке, так и по отдельным регионам и/или образовательным организациям. Так же как и на нулевом уровне, интересно получить вывод об основных тенденциях изменения.

Кроме собственно анализа динамики изменения каждого компонента ФГ, целесообразно найти и проанализировать характер корреляции динамики изменения каждого компонента с динамикой формирования функциональной грамотности в целом, а также компонентов друг с другом. Сравнивая характер динамики распределения обучающихся по уровням компонентов функциональной грамотности в целом по выборке и по отдельным регионам и/или образовательным организациям, можно выделить субъекты с наиболее интенсивным ростом, опыт которых целесообразно масштабировать, а также те из них, которые требуют более пристального внимания в части формирования отдельных компонентов ФГ.

Анализ результатов уже на *нулевом и первом уровнях* позволяет осуществить прогнозирование динамики формирования как функциональной

грамотности в целом, так и ее отдельных компонентов, в том числе в отдельных регионах и образовательных организациях. Однако оценка динамики распределения обучающихся по уровням математической, естественнонаучной и читательской грамотности не позволяет определить причины получаемых результатов, определить западающие элементы функциональной грамотности и точки роста для работы методистов. С этой целью проводится диагностика второго уровня.

На *втором уровне* для каждого компонента ФГ целесообразно проанализировать динамику успешности выполнения не только отдельных заданий, но и сгруппированных по соответствующим основаниям:

1) уровню сложности. Здесь выполняется анализ динамики успешности выполнения заданий каждого уровня (низкого, среднего, высокого). При этом принимается в расчет процент успешного (максимальный балл) выполнения; просто выполнения (промежуточное количество баллов); невыполнения заданий каждого уровня сложности. Здесь же целесообразно найти корреляцию между успешностью выполнения заданий одного и того же уровня сложности для разных компонентов функциональной грамотности;

2) формату ответа. Принимается в расчет процент успешного (максимальный балл) выполнения, просто выполнения (промежуточное количество баллов), невыполнения заданий;

3) контексту. Материалы диагностики каждого компонента функциональной грамотности включают в себя задания с двумя контекстами. Но, в зависимости от компонента функциональной грамотности, это контексты разные: для математической грамотности – общественный или профессиональный; для естественнонаучной – личный или глобальный; для читательской – личный или общественный;

4) компетентностным областям. Для математической грамотности – это умения применять, рассуждать, формулировать, интерпретировать; для естественнонаучной – научное объяснение явлений, интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов, применение естественнонаучных методов исследования. Для читательской грамотности – находить и извлекать информацию, оценивать содержание и форму текста, интегрировать и интерпретировать информацию, использовать информацию из текста;

5) содержательным областям. В математической грамотности выделены количество, неопределенность и данные, пространство и форма, изменение и зависимости. В заданиях по естественнонаучной грамотности – физические системы или науки о Земле и Вселенной, в читательской грамотности – смысл жизни, человек и природа, научные знания и открытия.

Анализ динамики успешности выполнения заданий, сгруппированных по разным основаниям, позволяет сформулировать вывод о причинах результатов, полученных на уровне 1, то есть о причинах того или иного характера динамики распределения учащихся по уровням компонентов функциональной грамотности, а также демонстрирует зоны повышенного внимания для дальнейшей методической работы.

На этом же уровне рассматривается динамика успешности выполнения заданий с более сложными характеристиками. Для заданий на математическую грамотность – успешность выполнения заданий с профессио-

нальным/общественным контекстом на умение рассуждать/интерпретировать/применять/формулировать или успешность выполнения заданий с этим же контекстом, но разного уровня сложности.

Для заданий на естественнонаучную грамотность – успешность выполнения заданий с глобальным/личным контекстом на умение объяснять/интерпретировать/применять или успешность выполнения заданий с этим же контекстом, но разного уровня сложности.

Для заданий на читательскую грамотность – успешность выполнения заданий с личным/общественным контекстом на умение находить и извлекать информацию/интерпретировать/интегрировать и интерпретировать/оценивать или успешность выполнения заданий с этим же контекстом, но разного уровня сложности.

Предполагается, что на данном уровне осуществляется поиск и анализ характера корреляции между показателями динамики успешности выполнения заданий разных групп. Анализ результатов корреляции позволяет сделать вывод о характере взаимного влияния разных умений.

На *третьем уровне* выполняется анализ интегральных характеристик и динамики их изменения.

В качестве интегральных характеристик выделены:

1) зависимость уровня сформированности элементов компетентностной области:

- от уровня сложности задания;
- контекста;
- содержательной области;
- формата ответа.

2) зависимость уровня сформированности элементов содержательной области:

- от уровня сложности задания;
- контекста;
- компетентностной области;
- формата ответа.

С учетом вышеизложенных концептуальных подходов и модели оценки динамики формирования ФГ обучающихся подготовка учителя к формированию и оцениванию функциональной грамотности представляется актуальной задачей их учета в содержании дополнительного профессионального образования педагогических работников. Подготовка может быть эффективной при индивидуализированном обучении в рамках модульных курсов повышения квалификации. В состав программы курсов могут входить модули, направленные на формирование психологической, теоретической и практической готовности учителя к оценке динамики.

Структурно программа может состоять из следующих частей:

1) инвариантного модуля, где раскрываются обобщенные особенности концептуальных подходов и модели;

2) вариативных модулей, которые учитель выбирает в зависимости от формируемого им компонента ФГ – читательской, математической или естественнонаучной. В вариативных модулях раскрываются второй и третий уровни модели оценки динамики формирования ФГ;

3) индивидуального модуля, который представляет собой итоговую работу в формате индивидуального итогового проекта по оценке динамики формирования одного из компонентов ФГ.

### Заключение

Реализация сконструированной многоуровневой модели оценки динамики формирования функциональной грамотности обучающихся позволяет получить данные не только о характере изменения процесса формирования функциональной грамотности в целом и ее отдельных компонентов (математической, естественнонаучной и читательской грамотности) в целом, но и об их взаимосвязи. Полученные данные позволяют построить прогноз дальнейшего развития процесса формирования функциональной грамотности и изменения ее уровня в целом и уровня отдельных ее компонентов.

Кроме того, покомпонентный анализ динамики успешности выполнения заданий, сгруппированных по разным основаниям, а также корреляционный анализ выделенных компонентов позволяют выявить факторы, оказывающие влияние на формирование той или иной картины распределения обучающихся по уровням функциональной грамотности, ее компонентов и динамики распределения. Подготовка учителя к оценке динамики формирования функциональной грамотности обучающихся может быть эффективной при реализации индивидуализированного повышения квалификации.

Результаты исследования, представленные в работе, могут быть использованы специалистами общеобразовательных организаций при формировании системы внутришкольной системы оценки качества общего образования, а также специалистами учреждений дополнительного профессионального образования при формировании дополнительных профессиональных программ по тематическим направлениям, связанным с оценкой функциональной грамотности.

#### *Список литературы*

1. Акопьян, В. А. Формирование функциональной грамотности обучающихся общеобразовательных организаций: роль современной образовательной среды / В. А. Акопьян // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 6(109). – С. 162 – 165. doi: 10.24412/1991-5497-2024-6109-162-165
2. Алиева, Л. М. Формирование математической грамотности учащихся основной школы / Л. М. Алиева // Известия ДГПУ. Серия Психолого-педагогические науки. – 2024. – Т. 18, № 3. – С. 18 – 22. doi: 10.31161/1995-0659-2024-18-3-18-22
3. Бизяева, Н. В. Историческое развитие понятия «математическая грамотность» в отечественной системе образования / Н. В. Бизяева // ЦИТИСЭ. – 2024. – № 3(41). – С. 49 – 56.
4. Бородина, Т. Ф. Формирование креативного мышления как компонента функциональной грамотности в условиях образовательного процесса: изучение опыта учителей / Т. Ф. Бородина // Научное мнение. – 2024. – № 7-8. – С. 94 – 99. doi: 10.25807/22224378\_2024\_7-8\_94
5. Боровик, Е. В. Практико-ориентировочные задачи как средство развития функциональной грамотности обучающихся на уроке математики / Е. В. Боровик //

Математика и проблемы обучения математике в общем и профессиональном образовании : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф., Иркутск, 28 – 30 марта 2022 г. – Иркутск, 2022. – С. 59 – 61.

6. Буяров, Д. В. Формирование читательской грамотности у обучающихся в процессе изучения общественных дисциплин / Д. В. Буяров, Г. А. Шабалина // KANT. – 2024. – № 2(51). – С. 322 – 327. doi: 10.24923/2222-243X.2024-51.54

7. Проблемы оценки и формирования функциональной читательской грамотности учеников основной школы / Ю. Н. Гостева, М. И. Кузнецова, Л. А. Рябинина, Г. А. Сидорова, Т. Ю. Чабан // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2020. – Т. 2, № 2(70). – С. 155 – 180.

8. Егорова, Г. И. Концепты взаимосвязи профессионального самоопределения и функциональной грамотности в развитии старшего школьника / Г. И. Егорова, А. А. Маринова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2024. – № 1(241). – С. 14 – 20. doi: 10.25198/1814-6457-241-14

9. Копачевская, Л. В. Уровень математической грамотности обучающихся основной и старшей школы: есть ли развитие? / Л. В. Копачевская // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 5. – Ст. 59. doi: 10.17513/spno.33698 – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33698> (дата обращения: 03.04.2025).

10. Маринова, А. А. Управление качеством формирования функциональной грамотности школьников в сетевом взаимодействии / А. А. Маринова, Г. И. Егорова // Научно-педагогическое обозрение. – 2024. – № 4(56). – С. 7 – 14. doi: 10.23951/2307-6127-2024-4-7-14

11. Павлов, И. И. Совершенствование методики формирования функциональной грамотности обучающихся посредством использования приема «КУБИК БЛУМА» / И. И. Павлов // Педагогическое образование и наука. – 2024. – № 5. – С. 81 – 87. doi: 10.56163/2072-2524-2024-5-81-87

12. Фрундин, В. Н. Формирование функциональной грамотности при изучении курса «Вероятность и статистика» в 7-9 классах как методическая проблема / В. Н. Фрундин, В. Ю. Шишлов // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – 2024. – № 4(36). – С. 47 – 56. doi: 10.24888/2500-1957-2024-4-47-56

13. Желдашева, А. О. Эффективность педагогического эксперимента в развитии функциональной математической грамотности в условиях университета / А. О. Желдашева // Учебный эксперимент в образовании. – 2024. – № 2(110). – С. 56 – 63. doi: 10.51609/2079-875X\_2024\_2\_56

14. Пакина, Т. А. Некоторые аспекты развития функциональной грамотности студентов педагогических вузов / Т. А. Пакина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1(139) – Ст. 48. – 4 с. doi: 10.23670/IRJ.2024.139.50. URL : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_59938313\\_66606728.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_59938313_66606728.pdf) (дата обращения: 04.06.2025).

15. Макарова, Е. А. Цифровые ресурсы в формировании естественнонаучной грамотности учащихся / Е. А. Макарова, А. С. Яицкий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – 2024. – Т. 26, № 3(96). – С. 41 – 48. doi: 10.37313/2413-9645-2024-26-96-41-48

16. Рутковская, Е. Л. Формирование функциональной грамотности будущего педагога как элемент его профессионального становления / Е. Л. Рутковская, А. В. Половникова, А. А. Сорокин // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2024. – Т. 1, № 1(97). – С. 62 – 76. doi: 10.24412/2224-0772-2024-97-62-76

17. Сосновская, О. О. Опыт работы с обучающимися по формированию и оценке функциональной грамотности в пензенской области / О. О. Сосновская // Внедрение функциональной грамотности: региональный опыт : сб. науч. тр. / под ред. Г. С. Ковалевой. – М., 2022. – С. 74 – 79.

18. Wagner, D. A. Monitoring and Measuring Adult Literacy: Different Models for Different Purposes / D. A. Wagner. – 2005. – URL : [https://www.researchgate.net/publication/372345947\\_Monitoring\\_and\\_Measuring\\_Adult\\_Literacy\\_Different\\_Models\\_for\\_Different\\_Purposes](https://www.researchgate.net/publication/372345947_Monitoring_and_Measuring_Adult_Literacy_Different_Models_for_Different_Purposes) (дата обращения: 22.05.2025).

19. Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non-Cognitive Skills to Promote Lifetime Success / N. Kautz, J. Heckman, R. Diris [et al.] // OECD Education Working Papers. – 2014. – No. 110. doi: 10.1787/5jxsr7vr78f7-en

20. Surwanti, D. Improving Students's Awareness of Functional Literacy / D. Surwanti, I. Hikmah // English Language Teaching Educational Journal. – 2020. – Vol. 2, No. 2. – P. 79 – 89. doi: 10.12928/eltej.v2i2.1307. – URL : <https://journal2.uad.ac.id/index.php/eltej/article/view/1307> (дата обращения: 22.05.2025).

21. Рослова, Л. О. Концептуальные основы формирования и оценки математической грамотности / Л. О. Рослова, К. А. Краснянская, Е. С. Квитко // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – Т. 1, № 4(61). – С. 58 – 79.

22. Ergasheva, M. T. Monitoring of functional literacy formation: main directions and preliminary results / M. T. Ergasheva // Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2022. Vol. 3, No. 11. – P. 464 – 470. doi: 10.17605/OSF.IO/HG3A4. – URL : <https://wos.academiascience.org/index.php/wos/article/view/2765> (дата обращения: 22.05.2025).

23. Catelli Jr., R. Made to measure: using INAF to check literacy levels. – 2015. – URL : <https://www.dvv-international.de/en/adult-education-and-development/editions/section-1-playing-a-role/section-3-figuring-it-out/made-to-measure-using-inaf-to-check-literacy-levels> (дата обращения: 22.05.2025).

#### References

1. Akop'yan V.A. [Formation of functional literacy of students of general education organizations: the role of the modern educational environment], *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of science, culture, education], 2024, no. 6(109), pp. 162-165. doi: 10.24412/1991-5497-2024-6109-162-165 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Aliyeva L.M. [Formation of mathematical literacy of students of basic school], *Izvestiya DGPU. Seriya Psikhologo-pedagogicheskiye nauki* [News of DSPU. Series Psychological and pedagogical sciences], 2024, vol. 18, no. 3, pp. 18-22. doi: 10.31161/1995-0659-2024-18-3-18-22 (In Russ., abstract in Eng.)

3. Bizyayeva N.V. [Historical development of the concept of "mathematical literacy" in the domestic education system], *TSITISE [CITISE]*, 2024, no. 3(41), pp. 49-56. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Borodina T.F. [Formation of creative thinking as a component of functional literacy in the educational process: a study of teachers' experience], *Nauchnoye mneniye* [Scientific opinion], 2024, no. 7-8, pp. 94-99. doi: 10.25807/22224378\_2024\_7-8\_94 (In Russ., abstract in Eng.)

5. Borovik Ye.V. *Matematika i problemy obucheniya matematike v obshchem i professional'nom obrazovanii : materialy XV Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Mathematics and problems of teaching mathematics in general and vocational education: materials of the XV All-Russian scientific-practical. conf.], Irkutsk, 28–30 March 2022, Irkutsk, 2022, pp. 59-61. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Buyarov D.V., Shabalina G.A. [Formation of reading literacy among students in the process of studying social disciplines], *KANT*, 2024, no. 2(51), pp. 322-327. doi: 10.24923/2222-243X.2024-51.54 (In Russ., abstract in Eng.)

7. Gosteva Yu.N., Kuznetsova M.I., Ryabinina L.A., Sidorova G.A., Chaban T.Yu. [Problems of assessment and formation of functional reading literacy of secondary school students], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika* [Domestic and foreign pedagogy], 2020, vol. 2, no. 2(70), pp. 155-180. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Yegorova G.I., Marinova A.A. [Concepts of the relationship between professional self-determination and functional literacy in the development of a senior schoolchild], *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2024, no. 1(241), pp. 14-20. doi: 10.25198/1814-6457-241-14 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Kopachevskaya L.V. [The level of mathematical literacy of students in basic and high school: is there any development?], *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2024, no. 5, Art. 59. doi: 10.17513/spno.33698. available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33698> (accessed 03 April 2025). (In Russ., abstract in Eng.)
10. Marinova A.A., Yegorova G.I. [Quality management of the formation of functional literacy of schoolchildren in network interaction], *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye* [Scientific and pedagogical review], 2024, no. 4(56), pp. 7-14. doi: 10.23951/2307-6127-2024-4-7-14 (In Russ., abstract in Eng.)
11. Pavlov I.I. [Improving the methodology for forming students' functional literacy through the use of the "BLOOM'S CUBE" technique], *Pedagogicheskoye obrazovaniye i nauka* [Pedagogical education and science], 2024, no. 5, pp. 81-87. doi: 10.56163/2072-2524-2024-5-81-87 (In Russ., abstract in Eng.)
12. Frundin V.N., Shishlov V.Yu. [Formation of functional literacy in studying the course "Probability and Statistics" in grades 7-9 as a methodological problem], *Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovaniye* [Continuum. Mathematics. Computer science. Education], 2024, no. 4(36), pp. 47-56. doi: 10.24888/2500-1957-2024-4-47-56 (In Russ., abstract in Eng.)
13. Zheldasheva A.O. [Efficiency of a pedagogical experiment in developing functional mathematical literacy in a university setting], *Uchebnyy eksperiment v obrazovanii* [Educational experiment in education], 2024, no. 2(110), pp. 56-63. doi: 10.51609/2079-875X\_2024\_2\_56 (In Russ., abstract in Eng.)
14. Pakina T.A. [Some aspects of developing functional literacy of students of pedagogical universities], *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International research journal], 2024, no. 1(139), Art. 48, 4 p. doi: 10.23670/IRJ.2024.139.50. available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_59938313\\_66606728.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_59938313_66606728.pdf) (accessed 04 June 2025). (In Russ., abstract in Eng.)
15. Makarova Ye.A., Yaitskiy A.S. [Digital resources in the formation of students' natural science literacy], *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Sotsial'nyye, gumanitarnyye, mediko-biologicheskkiye nauki* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanitarian, medical and biological sciences], 2024, vol. 26, no. 3(96), pp. 41-48. doi: 10.37313/2413-9645-2024-26-96-41-48 (In Russ., abstract in Eng.)
16. Rutkovskaya Ye.L., Polovnikova A.V., Sorokin A.A. [Formation of functional literacy of future teachers as an element of their professional development], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika* [Domestic and foreign pedagogy], 2024, vol. 1, no. 1(97), pp. 62-76. doi: 10.24412/2224-0772-2024-97-62-76 (In Russ., abstract in Eng.)
17. Sosnovskaya O.O.; Kovaleva G.S. (Ed.). [Experience of working with students on the formation and assessment of functional literacy in the Penza region], *Vnedreniye funktsional'noy gramotnosti: regional'nyy opyt: sb. nauch. tr.* [Implementation of functional literacy: regional experience: collection of scientific papers], Moscow, 2022, pp. 74-79. (In Russ.)
18. Wagner D.A. *Monitoring and Measuring Adult Literacy: Different Models for Different Purposes*, 2005, available at: [https://www.researchgate.net/publication/372345947\\_Monitoring\\_and\\_Measuring\\_Adult\\_Literacy\\_Different\\_Models\\_for\\_Different\\_Purposes](https://www.researchgate.net/publication/372345947_Monitoring_and_Measuring_Adult_Literacy_Different_Models_for_Different_Purposes) (accessed 22 May 2025).
19. Kautz N., Heckman J., Diris R. [et al.] *Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non-Cognitive Skills to Promote Lifetime Success*, *OECD Education Working Papers*, 2014, no. 110. doi: 10.1787/5jxsr7vr78f7-en

20. Surwanti D., Hikmah I. Improving Students' Awareness of Functional Literacy, *English Language Teaching Educational Journal*, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 79-89. doi: 10.12928/eltej.v2i2.1307. available at: <https://journal2.uad.ac.id/index.php/eltej/article/view/1307> (accessed 22 May 2025).

21. Roslova L.O., Krasnyanskaya K.A., Kvitko Ye.S. [Conceptual foundations of the formation and assessment of mathematical literacy], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika* [Domestic and foreign pedagogy], 2019, vol. 1, no. 4(61), pp. 58-79. (In Russ., abstract in Eng.)

22. Ergasheva M.T. Monitoring of functional literacy formation: main directions and preliminary results, *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 2022, vol. 3, no. 11, pp. 464-470. doi: 10.17605/OSF.IO/HG3A4. available at: <https://wos.academiascience.org/index.php/wos/article/view/2765> (accessed 22 May 2025).

23. Catelli Jr., R. Made to measure: using INAF to check literacy levels, 2015, available at: <https://www.dvv-international.de/en/adult-education-and-development/editions/section-1-playing-a-role/section-3-figuring-it-out/made-to-measure-using-inaf-to-check-literacy-levels> (accessed 22 May 2025).

---

### **Conceptual Approaches and Model of Assessing the Dynamics of Formation of Functional Literacy of Students and their Reflection in the Content of Advanced Training of Teachers**

**V. I. Snegurova, I. B. Gotskaya, N. I. Volynchuk**

*Institute of Content and Methods of Teaching, Moscow, Russia;  
Herzen State Pedagogical University of Russia,  
ITMO National Research University, St. Petersburg, Russia*

**Keywords:** scientific literacy; conceptual approaches; mathematical literacy; assessment of the dynamics of formation; functional literacy; reading literacy.

**Abstract:** The article considers and substantiates the feasibility of constructing a process for assessing the dynamics of functional literacy formation based on a system of conceptual approaches. The article provides rationale for expanding the system of conceptual approaches that formed the basis for monitoring the formation of functional literacy by supplementing it with new approaches that are fundamentally important for assessing the dynamics of its formation. Objective data on changes in the level of development of both functional literacy in general among 8th-grade students and its three main components (mathematical, scientific, and reading) are analyzed. The article reveals the need to introduce additional parameters and identify additional conceptual approaches that correspond to the specifics of assessing the dynamics of changes in the level of functional literacy formation. A system of conceptual approaches, a description, and characteristics of a multi-level model for assessing the dynamics of functional literacy formation based on this system are proposed.

---

© В. И. Снегурова, И. Б. Готская, Н. И. Волыничук, 2025