

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ  
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ  
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL  
JOURNAL OF APPLIED  
AND FUNDAMENTAL  
RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году  
The journal is based in 2007  
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор  
РИНЦ = 0,593

Пятилетний импакт-фактор  
РИНЦ = 0,299

**№ 1 2024**

Научный журнал  
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте [www.rae.ru](http://www.rae.ru)  
The electronic version takes places on a site [www.rae.ru](http://www.rae.ru)

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**  
к.м.н. *Н.Ю. Стукова*  
*Ответственный секретарь*  
к.м.н. *М.Н. Бизенкова*

**EDITOR**  
*Natalia Stukova*  
*Senior Director and Publisher*  
*Maria Bizenkova*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ  
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

---

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED  
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

**Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.**

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

**Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.**

**Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –**  
**головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного**  
**цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного**  
**цитирования (ИФ РИНЦ).**

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,593.**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,299.**

Учредитель, издатель и редакция:  
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47  
Адрес редакции и издателя: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

**ISSN 1996-3955**

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41  
Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: [edition@rae.ru](mailto:edition@rae.ru)

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова  
Техническое редактирование и верстка Е.Н. Доронкина  
Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать – 31.01.2024  
Дата выхода номера – 29.02.2024

Формат 60x90 1/8  
Типография  
ООО НИЦ «Академия Естествознания»  
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространяется по свободной цене

Усл. печ. л. 5,0  
Тираж 500 экз.  
Заказ МЖПиФИ 2024/1

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### СТАТЬЯ

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
ЗАДАЧ У СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ  
НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

*Стефанова Г.П., Касимова С.К., Кондратенко Е.И.* ..... 5

### ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### СТАТЬЯ

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

*Харина Г.В., Топорищев М.С., Алешина Л.В.* ..... 11

### МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

#### СТАТЬЯ

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЕРВИЧНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ  
НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ 0–14 ЛЕТ БОЛЕЗНЯМИ КОСТНО-  
МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ В ПЕРИОД  
ПАНДЕМИИ COVID-19

*Кокушин Д.Н.* ..... 17

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### СТАТЬИ

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ  
В ИЗДЕЛИЯХ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

*Букарев А.В.* ..... 22

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СМАРТФОНАХ  
И ПЛАНШЕТАХ НА СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

*Шепелев С.В., Бабин А.И.* ..... 28

### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### СТАТЬЯ

ВЫСВОБОЖДЕНИЕ СУБСТАНЦИЙ ФЕНБЕНДАЗОЛА И ФЕНАСАЛА  
ИЗ ИХ ТВЕРДЫХ ДИСПЕРСИЙ

*Халиков С.С., Кононова Е.Г., Халиков М.С., Ильин М.М.* ..... 33

---

## CONTENTS

### **BIOLOGICAL SCIENCES**

#### **ARTICLES**

FORMATION OF METHODS FOR SOLVING PROFESSIONAL PROBLEMS  
FOR STUDENTS OF MEDICAL AND BIOLOGICAL TRAINING BASED  
ON THE INTEGRATION OF NATURAL SCIENTIFIC DISCIPLINES

*Stefanova G.P., Kasimova S.K., Kondratenko E.I.* ..... 5

### **GEOGRAPHICAL SCIENCES**

#### **ARTICLE**

ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE CENTRALIZED  
WATER SUPPLY SYSTEM IN YEKATERINBURG

*Kharina G.V., Toporishchev M.S., Alyoshina L.V.* ..... 11

### **MEDICAL SCIENCES**

#### **ARTICLE**

FEATURES OF MORBIDITY OF MINORS 0–14 YEARS OLD DISEASES  
OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM AND CONNECTIVE TISSUE  
IN SAINT PETERSBURG DURING THE COVID-19 PANDEMIC

*Kokushin D.N.* ..... 17

### **TECHNICAL SCIENCES**

#### **ARTICLES**

TOOLS FOR AUTOMATED FAILURE FINDING IN ELECTRONIC PRODUCTS

*Bukarev A.V.* ..... 22

ANALYSIS OF DOMESTIC NEURAL NETWORKS IN SMARTPHONES  
AND TABLETS ON MOBILE NETWORKS

*Shepelev S.V., Babin A.I.* ..... 28

### **CHEMICAL SCIENCES**

#### **ARTICLE**

RELEASE OF FENBENDAZOLE AND PHENASAL SUBSTANCES  
FROM THEIR SOLID DISPERSIONS

*Khalikov S.S., Kononova E.G., Khalikov M.S., Ilin M.M.* ..... 33

## СТАТЬЯ

УДК 577:378.147.88

**ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ У СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН****<sup>1</sup>Стефанова Г.П., <sup>1</sup>Касимова С.К., <sup>2</sup>Кондратенко Е.И.**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»,  
Астрахань, e-mail: saule\_kasimova@mail.ru;<sup>2</sup>ФИЦ «Субтропический научный центр Российской академии наук»,  
Сочи, e-mail: condr70@mail.ru

В курсе физики высшей школы определены основные направления, по которым осуществляется подготовка студентов медицинских и биологических специальностей. На основе этого авторами были представлены эволюция применения физических знаний в медико-биологической практике, содержание и структура курса медицинской и биологической физики в университетах, сложившиеся направления подготовки изучения курса физики студентами медико-биологических направлений подготовки. Выделены профессиональные задачи биологов и врачей, решаемые на основе физических и химических знаний, разработаны методы их решения. В статье приводятся результаты анкетирования будущих медиков и биологов: умеют ли они использовать физические знания в предложенных ситуациях, и, соответственно, умеют ли они планировать свои действия. Анализ результатов свидетельствует о том, что приобретенные студентами физические знания зачастую не применяются ими при анализе конкретных ситуаций. Студенты не понимают значение изучения курса физики для своей будущей профессиональной деятельности. Основываясь на представлении о том, что при подготовке специалиста любого профиля необходимо включать типовые профессиональные задачи, авторы разработали задачи данного типа, а также предложили алгоритм метода их решения.

**Ключевые слова:** профессиональная задача, общепрофессиональная компетенция, обобщенный метод решения, физика, биофизика

**FORMATION OF METHODS FOR SOLVING PROFESSIONAL PROBLEMS FOR STUDENTS OF MEDICAL AND BIOLOGICAL TRAINING BASED ON THE INTEGRATION OF NATURAL SCIENTIFIC DISCIPLINES****<sup>1</sup>Stefanova G.P., <sup>1</sup>Kasimova S.K., <sup>2</sup>Kondratenko E.I.***Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan,*  
*e-mail: saule\_kasimova@mail.ru;**Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the RAS,*  
*Sochi, e-mail: condr70@mail.ru*

The higher school physics course defines the main directions in which students of medical and biological specialties are trained. Based on this, the authors presented the evolution of the application of physical knowledge in medical and biological practice, the content and structure of the course of medical and biological physics at universities, the established areas of preparation for studying a physics course by students of medical and biological areas of training. The professional tasks of biologists and doctors, solved on the basis of physical and chemical knowledge, are highlighted, and methods for solving them are developed. The article presents the results of a survey of future doctors and biologists regarding their ability to use physical knowledge in the proposed situations and, accordingly, whether they can plan their actions. Analysis of the results indicates that the physical knowledge acquired by students is often not applied by them when analyzing specific situations. Students do not understand the importance of studying a physics course for their future professional activities. Based on the idea that when training a specialist of any profile it is necessary to include standard professional tasks, the authors developed tasks of this type, and also proposed an algorithm for solving them.

**Keywords:** professional task, general professional competence, generalized solution method, physics, biophysics

Национальный проект «Образование» ставит своей целью обеспечение глобальной конкурентоспособности выпускников российских вузов. Это означает, что студенты университетов не должны специализироваться на каком-то одном направлении деятельности, а должны проходить многоуровневую подготовку на основе интеграции междисциплинарных знаний. Для этого предусмотрена модернизация професси-

онального высшего образования посредством внедрения гибких практико-ориентированных образовательных программ, освоение которых позволит выпускникам самостоятельно разрабатывать методы решения различных прикладных задач на основе приобретенных знаний для решения региональных проблем.

Стратегия развития современных университетов ориентирована на изменение струк-

туры и содержания процесса обучения, целью которого становится овладение студентами навыками исследовательской, проектной и предпринимательской деятельности. Физика является обязательной дисциплиной в системе подготовки различных специалистов: врачей, биологов, программистов и инженеров различных профилей [1, с. 20], так как обладает огромным потенциалом для формирования у выпускников актуальных компетенций для современной экономики [2, с. 42]. В данном исследовании показана роль физических знаний для подготовки врачей и биологов.

В государственных классических и медицинских университетах ведется подготовка биологов, биотехнологов, биоинженеров, врачей, врачей ветеринарной службы и др. В практической послевузовской деятельности перед ними возникают проблемы, многие из которых решаются в том числе с применением физических знаний. Рассмотрим эволюцию применения физических знаний в лечебной практике человека и животных.

В эпоху первобытной медицины, когда представления людей о происхождении болезней и методов лечения были очень примитивны, уже был внесен вклад в создание физических методов терапии, которые используются до настоящего времени. Именно тогда был изобретен первый вариант суховоздушных банок, основанных на использовании силы атмосферного давления. Появились зачатки современной хирургии вследствие наблюдения людей, работающих с домашними животными.

С момента утверждения эмпирических методов естествознания начались исследования строения органов человека и животных на основе анатомического вскрытия. Возникли некоторые хирургические приемы, вошедшие в медицину всех последующих времен (например, кесарево сечение). Следующим этапом в применении физических знаний для решения медицинских задач явилось появление знаний о воздействии природных факторов для выявления причин заболевания и их лечения. Так появились первые физические модели биологических систем. Уже в XI в. в Египте были изготовлены модели хрусталика глаза из стекла и выдвинута идея коррекции зрения при помощи двояковыпуклых линз. В XVI в. во Франции были разработаны модели искусственных конечностей и суставов. Далее начали создаваться различные физические приборы для исследования физиологического состояния организма. Первым из таких приборов явился термометр Галилео Галилея. В начале XVII в. в Европе было изобретено множество оригинальных термометров.

В настоящее время роль физических знаний в решении медицинских задач приобрела особую актуальность. В основе диагностики любого заболевания лежат физические модели, описывающие происходящие процессы в биологических системах от субмолекулярного уровня до системы органов и целого организма.

Развитие физики отразилось на способах исследования состояния организма, появилась возможность измерения физических величин с помощью различных физических методов и приборов. Например, нахождение значений концентраций различных микроэлементов и веществ в жидких средах организма, запись биопотенциалов, прослушивание звуков от внутренних органов. Физические методы диагностики и лечения широко используются в физиотерапии – диатермия, индуктотермия, УВЧ-терапия, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, гамма-излучение и др. В современной хирургии широко используется лазерное излучение.

Курс физики изучается студентами рассматриваемых направлений подготовки на первом курсе в течение двух семестров. В медицинских вузах курс биологической физики изучается студентами первого курса в течение двух семестров. Курс биофизики студентам направления «Биология» преподается в течение одного семестра [3, с. 87]. При изучении этих курсов во все разделы включены знания физики, позволяющие понимать проявление различных физических закономерностей в живых системах. В разделе «Механика» рассматриваются вопросы биомеханики: колебательные и автоколебательные процессы в биологических системах; механические свойства биологических тканей, биомеханика кровообращения. Эти знания необходимы для успешного изучения таких дисциплин, как анатомия человека, нормальная физиология, цитология. В разделе «Акустика» рассматривается физика слуха, связи между характеристиками слухового ощущения и физическими характеристиками, изучаются физические основы звуковых методов исследования. В данном курсе особое внимание уделяется изучению физических процессов на клеточном уровне. Физический аспект рассмотрения структуры и моделей биологических мембран, современных методов их исследования, механизма обменных процессов на уровне клетки, образования биопотенциалов позволяет в дальнейшем применять студентам эти знания при усвоении курсов физиологии и гистологии [4–6].

При изучении электродинамики, наряду с чисто физическими вопросами, рассма-



триваются физические основы электрокардиографии, реографии, воздействия токов и электромагнитных полей на ткани организма, собственные электромагнитные поля человека. В разделе «Оптика» изучается физика зрения, физические основы микроскопии и ее специальные приемы, волоконная оптика и ее широкое применение в диагностике, физические основы термографии. При изучении элементов квантовой биофизики студенты знакомятся с новейшими методами лазерной терапии, радиоспектроскопии [7, с. 46]. Находят отражение и такие актуальные проблемы, как воздействие ионизирующего излучения на человека, использование радионуклидов и нейтронов в медицине, применение ускорителей заряженных частиц в терапии, дозиметрии.

Таким образом, цель дисциплины «Физика» заключается в формировании у студентов системных знаний о физических свойствах и процессах и умений применять физический подход к решению медицинских и биологических проблем. При реализации учебной дисциплины «Физика» в образовательном процессе направлений биологической, медицинской, ветеринарной специальностей должны решаться следующие задачи: 1) освоение общих физических закономерностей, которые лежат в основе физиологических процессов, протекающих в организме человека, животных и других биологических объектов; 2) выделение характеристик физических факторов и механизм их действия на живые организмы; 3) формирование у студентов умения обрабатывать информацию, получаемую с помощью медицинских приборов, и устанавливать изменения физических свойств исследуемых объектов в определенном состоянии [8, 9]. Решение вышеназванных задач позволяет сформировать у студентов следующие знания, умения и навыки:

- знать: основные законы физики, физические явления и закономерности, лежащие в основе процессов, протекающих в организме человека; физические аспекты протекания физиологических процессов на молекулярном, клеточном, тканевом и органном уровнях; физические основы функционирования медицинских приборов;

- уметь: применять физические понятия и закономерности для объяснения медико-биологических процессов в организме человека; пользоваться регистрирующими приборами; проводить измерение физических и биофизических параметров;

- владеть: производить расчеты и представлять результаты исследований в графической и табличной формах; элементарными физическими методами получения

и анализа медицинских данных при решении стандартных профессиональных задач.

Рассмотрим сложившиеся направления изучения курса физики студентами медико-биологических направлений подготовки. Следует отметить, что большинство исследователей и преподавателей подчеркивают необходимость качественного физического образования студентов всех направлений подготовки, так как любой выпускник-биолог, врач [10, с. 87] или ветеринар должен уметь работать как с моделями своего профессионального мира, так и с реальными биологическими объектами [11, с. 46].

Основное направление подготовки по физике рассматриваемых специалистов состоит в интеграции физических, биологических и медицинских знаний через изучение специальных учебных дисциплин, таких как «Биофизика» для биологов и будущих ветеринаров, «Медицинская и биологическая физика, медицинская аппаратура» для основных медицинских направлений подготовки в медицинских вузах.

Другое направление связано с включением в курс физики дополнительных профессиональных тем и вопросов. Например, в разделе «Динамика» изучаются такие вопросы: масса тела человека; распределение массы между звеньями тела человека; роль силы трения при ходьбе, в работе суставов, в различных видах спорта. При изучении раздела «Молекулярная физика» рассматриваются такие дополнительные вопросы, как диффузия при дыхании; процессы в легких; влияние влажности на человека; водяной пар при наркозе; давление крови; систолическое и диастолическое давление крови и др. [12, с. 570].

#### Материалы и методы исследования

Насколько эффективны результаты этих направлений работы в практике преподавания естественнонаучных дисциплин? При проведении констатирующего этапа было проведено анкетирование студентов – будущих биологов и врачей, которые ранее изучили курс физики. Им было предложено два задания: в первом требовалось установить физические явления, процессы, воздействия в конкретных ситуациях; во втором – предложены проблемы, возникающие в профессиональной деятельности биологов, врачей, ветеринаров. Авторов интересовало, используют ли студенты физические знания в предложенных ситуациях и умеют ли они планировать свои действия. Это потребовало разработать задания, которые испытуемым необходимо было выполнить в конкретных ситуациях, имеющих медико-биологическую направ-

ленность. И.А. Крутовой, Н.В. Жуковой [13, с. 7] описаны педагогические требования к разработке заданий на распознавание и воспроизведение конкретных практически значимых ситуаций, требующих применения физических знаний. Приведем пример содержания анкеты, включающей два задания, разработанных в соответствии с данными требованиями:

**Задание 1.** В перечисленных ситуациях укажите физические знания, которыми можно объяснить изменения состояния биологического объекта:

1. В бальнеологической практике для улучшения обменных процессов применяют грязевые аппликации.

2. В туристической группе при подъеме на высоту 3500 м у некоторых туристов наблюдаются головокружение и тахикардия.

3. При быстром подъеме с большой глубины аквалангист может погибнуть.

4. При резком спуске с высокой горы у лыжника «закладывает» уши.

5. При разгерметизации салона самолета у пассажиров развивается баротравматический отит.

6. У пациента с онкологическим заболеванием в головном мозге под воздействием аппарата «кибернож» изменяются размеры опухоли вплоть до полного исчезновения.

7. У пассажира, имеющего кардиостимулятор, при прохождении через электромагнитную рамку в аэропорту может нарушиться сердечный ритм.

8. Летом в жарком климате наблюдается «цветение» воды в искусственных водоемах и каналах.

**Задание 2.** Укажите последовательность ваших действий в следующих ситуациях и обоснуйте их:

1. Выбран участок земли под строительство детского сада. Необходимо убедиться, что земля не содержит химических загрязнений. Составьте технологическую карту очистки почвы выбранного участка земли.

2. В ботаническую лабораторию поступил образец части дерева из зеленого фонда города. Проведите биологическую экспертизу состояния данного образца.

3. При микроскопировании культуры обнаружены различные виды патогенных бактерий. Разработайте эффективный метод стерилизации культур для уничтожения патогенов.

4. Эффективность проведения биотехнологических исследований культивирования стволовых клеток зависит от питательной среды. Предложите состав раствора питательной среды для данного исследования.

5. Допустимость использования воды из водоема определяется суммарным ПДК.

Предложите способ проведения анализа образца воды на установление ПДК.

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования, представленные на рис. 1, наглядно демонстрируют, что преобладающая часть респондентов не смогла справиться с заданием первого типа.



Рис. 1. Результаты I этапа констатирующего эксперимента, %

Результаты выполнения задания 2 показывают, что студенты не умеют планировать действия при решении профессиональных практических задач (рис. 2). Проведенный констатирующий эксперимент показал, что приобретенные студентами физические знания не применяются ими при анализе конкретных ситуаций. Студенты не понимают значение изучения курса физики для своей будущей профессиональной деятельности.



Рис. 2. Результаты II этапа констатирующего эксперимента, %



Возникает вопрос, каким образом приобретаемые студентами физические знания и знания естественнонаучных дисциплин сделать основой для формирования профессиональных компетенций выпускников – будущих биологов, врачей, ветеринаров.

Н.Ф. Талызиной установлено, что в цели подготовки специалиста любого профиля должны включаться его типовые профессиональные задачи и обобщенные методы их решения [14, с. 144]. С опорой на эту идею были выделены виды профессиональной деятельности будущего биолога и врача. Для этого был осуществлен опрос большого числа специалистов-биологов, медицинских работников, которые занимаются различными биологическими объектами как в естественных, так и экспериментальных условиях. В результате был получен довольно большой перечень таких видов деятельности, например: 1) выявить и классифицировать физические и химические явления и процессы, протекающие в биологическом объекте; 2) моделирование явлений и процессов, протекающих в биологических объектах под воздействием внешних факторов; 3) осуществление физических, химических и других воздействий на биологические объекты; 4) приведение в нормативное состояние свойств биологических объектов; 5) выполнение расчетов физических и химических параметров состояния биологических объектов, изменяющихся в результате определенных воздействий; 6) математическое моделирование биологических процессов; 7) выбор базовых физических и химических законов для объяснения свойств биологических объектов, полученных в результате определенных воздействий; 8) статистическая обработка полученных результатов; 9) систематизация биологических объектов; 10) применение современного оборудования для экспериментальных исследований свойств биологических объектов; 11) хранение и обработка информации о свойствах биологических объектов и процессов, протекающих в них; 12) мониторинг, охрана и восстановление биологических ресурсов; 13) создание прототипов биологических и медицинских объектов с заданными свойствами и многие другие [15, с. 34].

Анализ выявленных видов деятельности и обобщение их по конечному продукту позволил свести их к задачам четырех типов:

1. Создание прототипов биологических и медицинских объектов с заданными свойствами.

2. Нахождение или оценка значений физических, химических и биологических величин, описывающих свойства биологического объекта в определенном состоянии.

3. Устранение отклонений от нормы значений параметров состояния биологического объекта.

4. Эксплуатация современного медицинского и биологического оборудования.

Для формирования выделенных видов деятельности у будущего бакалавра-биолога необходимо дополнить их методами выполнения. Г.П. Стефановой разработан «механизм» выделения обобщенных методов решения типовых задач специалистов [16, с. 56].

Наиболее значимой для данных специалистов является «Устранение отклонений от нормы значений параметров состояния биологического объекта». Метод решения этой задачи представляет последовательность восьми действий, направленных на практическую реализацию условий, устраняющих явление-причину [17, с. 51]. Конкретизируем данный метод для решения конкретной задачи.

*Задача.* На юге России летом на осетровых фермах при повышении температуры окружающей среды вода нагревается до  $+32^{\circ}\text{C}$ , в результате чего осетры прекращают питаться и могут погибнуть. Предложите способ, как обеспечить нормальные условия жизнедеятельности поголовья осетровых.

1. Биологическим объектом является поголовье осетровых, которые должны существовать в условиях соответствующих нормативным.

2. Нормативные параметры состояния воды для содержания осетровых: температура воды –  $+23^{\circ}\text{C}$ , концентрация кислорода в воде – 8–10 мг/л, концентрация азота в воде – до 2 мг/л, постоянная аэрация воды.

3. Параметры состояния воды, отличающиеся от нормативных: температура –  $+32^{\circ}\text{C}$ , концентрация кислорода в воде – 14 мг/л, концентрация азота в воде – до 2,9 мг/л.

4. Причины данных отклонений следующие: температура воздуха летом на юге России достигает днем  $+40^{\circ}\text{C}$ , ночью –  $+28^{\circ}\text{C}$ ; снижение концентрации кислорода и повышение концентрации азота в воде происходит из-за повышения температуры воды.

5. Причиной отклонения от нормы данных параметров является высокая температура окружающей среды.

6. Для исключения перегрева воды в садке целесообразно накрыть его оболочкой с отражательной поверхностью. Также можно увеличить испарение воды за счет вентиляции воздуха над садком. При испарении воды будет выделяться энергия, что приведет к понижению ее температуры. Для большего насыщения кислородом воды в садках необходимо усилить аэрацию.

7. Оборудование: светонепроницаемая оболочка для защиты от солнечных лучей и установление насосов для усиления аэрации.

8. Установить датчик концентрации кислорода в садках; разработать принципиальную схему включения насосов в зависимости от показаний датчика.

### Заключение

Таким образом, изменение образовательного процесса, который будет направлен на формирование профессиональных умений будущих специалистов, состоит в разработке и включении компетентностно-ориентированных заданий и задач в процесс освоения студентами каждой дисциплины учебного плана соответствующего направления подготовки. Разработка таких заданий является новым видом деятельности для преподавателей высшей школы и требует компетенций как в области предметных, так и цифровых технологий. Для организации систематической работы студентов, направленной на овладение методами решения профессиональных задач, необходимы специальные дидактические средства в виде сборников задач-упражнений, учебных карт, электронных образовательных ресурсов.

### Список литературы

1. Волкова М.Г., Рыбникова Е.В. Особенности курса физики для студентов нефизических специальностей // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 52–4. С. 20–22.
2. Герасимова Г.А. Проблемы и задачи изучения предмета «Физика» в современном технологическом вузе в соответствии с ФГОС // Академический вестник Якутской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5 (10). С. 40–45.
3. Стефанова Г.П., Касимова С.К., Кондратенко Е.И. Обучение студентов биомедицинских направлений подготовки методам решения профессиональных задач с применением физических знаний // Конвергенция современных образовательных политик для решения проблем Каспийского региона. Астрахань, 2022. С. 86–90.
4. Карасартова Н.А. Теоретические возможности формирования предметных компетенций у студентов биологов с использованием интеграционного обучения физике и биологии // Вестник Жалал-Абадского государственного университета. 2019. № 3 (42). С. 186–191.
5. Новикова Н.Г., Клишкова Н.В. К вопросу о повышении мотивации к обучению при изучении дисциплины «Физика, математика» в медицинском вузе // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. Т. 39, № 1. С. 105–109.
6. Савченко Е.В. Активизация познавательной деятельности студентов при изучении курса общей физики // Modern Science. 2020. № 12–4. С. 373–377.
7. Ходжаева Д.З. Современный подход в преподавании физики в медицинском вузе // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 59–1. С. 45–49.
8. Савченко Е.В., Рогова О.В., Рыбакова К.А., Руснакова Е.В. Задачный подход как средство подготовки инженера к профессиональной деятельности на примере разделов «Молекулярная физика» и «Термодинамика» курса общей физики // Перспективы науки. 2020. № 6 (129). С. 183–185.
9. Стефанова Г.П. Теоретические основы и методика реализации принципа практической направленности подготовки учащихся при обучении физике: дис. ... докт. пед. наук. Астрахань, 2002. 366 с.
10. Логинова Ю.В. Установление межпредметных связей физики с общетехническими и профессиональными дисциплинами методом главных компонент при обучении будущих биотехнологов в технологическом вузе // Наука и школа. 2010. № 2. С. 85–87.
11. Говоркова Л.И. Формирование методологических знаний у будущих учителей биологии на занятиях по физике // Омский научный вестник. 2007. № 2 (57). С. 56–58.
12. Федорова В.Н., Степанова Л.А. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии. Лекции и семинары: учебное пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2020. 624 с.
13. Krutova I.A., Zhukova N.V. Development of universal educational skills of pupils in the forming of physical concepts // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 12. Р. 7–10.
14. Талызина Н.Ф., Печенюк Н.Т., Хихловский Л.Б. Пути разработки профиля специалиста. Саратов: Саратовский ун-т. 1987. 241 с.
15. Тарасова А.В., Давыдова Н.Г. Изучение физики на стоматологическом факультете // Высшее образование сегодня. 2020. № 2. С. 34–38.
16. Стефанова Г.П., Крутова И.А., Байгушева И.А. Типовые профессиональные задачи как целевой ориентир подготовки бакалавров и магистров в условиях реализации ФГОС ВО // Известия ВГПУ. 2017. № 3 (116). С. 53–58.
17. Стефанова Г.П., Крутова И.А., Валишева А.Г. Инновационный подход к формированию методов решения типовых профессиональных задач у будущих инженеров // Alma mater (Вестник высшей школы). 2011. № 8. С. 48–51.

## СТАТЬЯ

УДК 504.4/.61:543.3

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ СИСТЕМЫ  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ****<sup>1</sup>Харина Г.В., <sup>1</sup>Топорищев М.С., <sup>2</sup>Алешина Л.В.**<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,  
Екатеринбург, e-mail: gvkharina32@yandex.ru, toporishhev2000@mail.ru;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,  
e-mail: alv@usue.ru

Работа посвящена исследованию качества питьевой воды из источников централизованного водоснабжения в Екатеринбурге. Указаны источники централизованного водоснабжения в Екатеринбурге, а также место и способ водоочистки. Приведены причины ухудшения качества воды. Отмечена актуальность работы, обусловленная необходимостью контроля качества питьевой воды в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду. Указаны места отбора проб водопроводной воды, включающие все районы города Екатеринбурга. Качество воды оценивалось по следующим показателям: реакция среды, жесткость, окисляемость, содержание нитрат-ионов и тяжелых металлов (меди, свинца и кадмия). Дана краткая характеристика показателей жесткости и окисляемости. Приведено описание методов исследования: титриметрического (для определения жесткости и окисляемости) и потенциометрического (для определения содержания нитратов и ионов тяжелых металлов). Установлено, что значения pH и жесткости воды соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам. Отмечено, что вода из-под крана относится к мягкому типу. Обнаружено превышение ПДК окисляемости и содержания нитратов в некоторых пробах воды. Приводится описание негативного воздействия нитратов и тяжелых металлов на здоровье человека. Выявлено превышение ПДК свинца в некоторых исследуемых пробах воды. Отмечаются причины несоответствия ряда определяемых показателей санитарно-гигиеническим нормативам. Авторы отмечают, что для получения более точного и объективного представления о состоянии городского водопровода требуется проведение анализа гораздо большего количества проб.

**Ключевые слова:** централизованное водоснабжение, качество воды, водопровод, нитраты, тяжелые металлы**ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY  
OF THE CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEM IN YEKATERINBURG****<sup>1</sup>Kharina G.V., <sup>1</sup>Toporishchev M.S., <sup>2</sup>Alyoshina L.V.**<sup>1</sup>Russian state vocational pedagogical university, Ekaterinburg,  
e-mail: gvkharina32@yandex.ru, toporishhev2000@mail.ru;<sup>2</sup>Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: alv@usue.ru

The work is devoted to the study of the quality of drinking water from centralized water supply sources in Yekaterinburg. The sources of centralized water supply in Yekaterinburg are indicated, as well as the place and method of water treatment. The reasons for the deterioration of water quality are given. The relevance of the work is noted, due to the need to control the quality of drinking water in conditions of increasing anthropogenic impact on the environment. The places of sampling of tap water are indicated, including all districts of the city of Yekaterinburg. The water quality was assessed according to the following indicators: reaction of the medium, hardness, oxidizability, content of nitrate ions and heavy metals (copper, lead and cadmium). A brief description of the indicators of hardness and oxidizability is given. The description of the research methods is given: titrimetric (to determine hardness and oxidizability) and potentiometric (to determine the content of nitrates and heavy metal ions). It has been established that the pH and water hardness values correspond to sanitary and hygienic standards. It is noted that tap water belongs to the soft type. An excess of the maximum permissible concentration of oxidizability and nitrate content in some water samples was found. The negative effects of nitrates and heavy metals on human health are described. The excess of the maximum permissible concentration of lead in some of the studied water samples was revealed. The reasons for the inconsistency of a number of determined indicators with sanitary and hygienic standards are noted. The authors note that in order to obtain a more accurate and objective view of the state of the urban water supply system, it is necessary to analyze a much larger number of samples.

**Keywords:** centralized water supply, water quality, plumbing, nitrates, heavy metals

Наличие и качество воды – одного из наиболее ценных и незаменимых природных ресурсов на планете – оказывают существенное влияние на здоровье людей, уровень санитарно-эпидемиологического благополучия, степень комфорта и, следовательно, являются одним из факторов социальной стабильности общества [1].

В последнее время в связи с усилением техногенного воздействия на природные и искусственные экосистемы качество воды ухудшается. Речь идет о воде не только из поверхностных и подземных источников, но и из систем централизованного водоснабжения. Особенно страдает качество воды в крупных промышленных городах,

где порой и запасы водных ресурсов бывают ограничены. Среди основных причин ухудшения качества питьевой воды можно выделить устаревшие технологии водоочистки, нарушение гигиенических требований эксплуатации сооружений водоподготовки и, наконец, вторичное загрязнение воды в изношенных водопроводных сетях [2]. В процессе продолжительной эксплуатации водопроводные трубы (из сплавов железа) обрастают различными организмами растительного и животного происхождения, подвергаются коррозии. Вода, поступающая из таких труб, нередко загрязнена тяжелыми металлами (свинцом, кадмием), органическими токсикантами, имеет неприятный привкус и запах.

В Екатеринбурге основным источником водоснабжения является гидротехнический каскад Верхнемакаровского и Волчихинского водохранилищ на реке Чусовая. Новомариинское и Ревдинское водохранилища на реке Ревде и Нязепетровское на реке Уфе покрывают возникающий дефицит питьевой воды [3]. Качество водопроводной воды обеспечивается Западной фильтровальной станцией, где происходит двухступенчатая очистка водного потока от различных загрязнителей. Очищенная вода подается в городские трубы с помощью насосных станций. Однако не всегда качество воды в городском водопроводе Екатеринбурга соответствует требованиям СанПиН в связи, как было сказано выше, с высокой степенью изношенности водораспределительных домовых труб.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью контроля качества питьевой воды в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду.

Цель данного исследования заключалась в оценке качества питьевой воды системы централизованного водоснабжения в городе Екатеринбурге по ряду показателей.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследования были выполнены в учебно-исследовательской лаборатории химии и экологического мониторинга Российского государственного профессионально-педагогического университета.

Для проведения анализа были отобраны пробы водопроводной воды из разных районов Екатеринбурга: Орджоникидзевского (мкр-н Уралмаш – проба № 1), Чкаловского (мкр-ны Вторчермет – № 2 и Ботанический – № 3), Верх-Исетского (мкр-н ВИЗ – № 4), Ленинского (мкр-н Центральный – № 5), Октябрьского (мкр-н Синие камни – № 6), Кировского (мкр-н ЖБИ – № 7), Железнодорожного (мкр-н Вокзальный – № 8) и Академического – № 9.

Пробы воды отбирались в пластиковые бутылки, после чего переливались в стеклянные емкости с закручивающейся крышкой и хранились в лаборатории до окончания исследований. Для оценки качества проб воды определялись такие показатели, как реакция среды – рН, жесткость, окисляемость, содержание нитрат-ионов, концентрации тяжелых металлов: меди, свинца, кадмия. Жесткость и окисляемость определяли титриметрическим методом, остальные показатели – методом потенциометрии с использованием иономера РХ 150 и соответствующих ионселективных электродов.

Для определения содержания веществ потенциометрическим методом строили градуировочные графики зависимости электродного потенциала системы от концентрации определяемого иона  $E=f(\lg C)$  в стандартных растворах:  $KNO_3$ ,  $CuSO_4$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Cd(NO_3)_2$ .

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты определения рН, жесткости, окисляемости и концентрации нитратов приведены в таблице 1.

Актуальность определения реакции среды заключается в том, что протекание многих биологических и химических процессов напрямую зависит от значения рН воды [4]. Как следует из таблицы 1, значения рН исследуемых проб воды соответствуют гигиеническому нормативу.

Общая жесткость – это концентрация растворенных в воде солей кальция и магния; чем больше содержание этих солей, тем жестче вода.

Временная, или карбонатная (устраняемая), жесткость воды обусловлена присутствием в воде растворимых гидрокарбонатов кальция и магния. При кипячении воды происходят разложение гидрокарбонатов и образование труднорастворимых карбонатов, образующих накипь на поверхности нагревательных приборов. Постоянная жесткость, вызванная сульфатами и хлоридами кальция и магния, не может быть удалена простым кипячением. Для этой цели в воду добавляют различные щелочные реагенты, что делает невозможным ее использование в пищевых целях. Жесткая вода совершенно непригодна в технологических процессах, также употребление такой воды в пищу может приводить к возникновению серьезных осложнений со стороны пищеварительной, мочевыделительной и других систем организма.



Таблица 1

Значения pH, содержания нитрат-ионов, жесткости ( $J_{\text{общ}}$ ) и окисляемости (X) воды в исследуемых пробах

Номер пробы	Показатели							
	pH	ПДК	$C_{\text{NO}_3^-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	$J_{\text{общ}}$ , ммоль/дм <sup>3</sup>	ПДК, ммоль/дм <sup>3</sup>	X, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
1	7,21	6-9	4,65	45,0	2,20	7,0	2,90	5,0
2	7,29		<b>62,00*</b>		2,38		2,14	
3	7,31		5,85		2,16		3,16	
4	7,35		6,20		2,24		2,67	
5	7,68		3,15		2,40		4,78	
6	7,15		5,27		2,36		4,86	
7	7,23		4,18		3,34		3,91	
8	7,42		4,96		2,56		<b>5,36</b>	
9	7,25		5,05		2,48		4,28	

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК).

Результаты определения жесткости (табл. 1) свидетельствуют о том, что вода во всех исследуемых пробах является мягкой.

Перманганатная окисляемость характеризует загрязненность воды различными легко окисляющимися, в основном органическими веществами. Она показывает, сколько миллиграммов кислорода необходимо для окисления загрязнителей, содержащихся в 1 л воды ( $\text{мгO}_2 / \text{дм}^3 \text{H}_2\text{O}$ ). Как видно из таблицы 1, значения окисляемости не превышают ПДК [5]. Незначительное превышение допустимого значения обнаружено в пробе № 8. Как было отмечено выше, в распределительную сеть города вода попадает полностью очищенной. Следовательно, загрязнение происходит на этапе распределения воды по внутренней сети дома, возможно, из-за изношенности труб и постоянных аварий.

Нитраты являются одним из наиболее распространенных загрязнителей воды и почв в Свердловской области [6]. Попадание нитратов в поверхностные воды обусловлено, главным образом, чрезмерным использованием азотсодержащих удобрений на полях сельскохозяйственных культур. Регулярное поступление в организм человека больших количеств нитратов с водой и пищей препятствует нормализации уровня гемоглобина в крови, что вызывает недостаток кислорода и становится причиной различных заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем [7]. Кроме того, нитраты представляют серьезную опасность для здоровья человека и по другой причине: попа-

дая в кровь, они в процессе сложных биохимических превращений переходят в нитрозамины, оказывающие мощное канцерогенное действие [8]. Содержание нитратов в исследуемых пробах (табл. 1) находится в пределах нормы, за исключением пробы № 2, где обнаружено превышение ПДК почти в 1,5 раза. Одной из возможных причин такой неблагоприятной ситуации могут быть частые мелкие аварии на устаревшем водопроводе, способствующие проникновению загрязненных поверхностных вод в систему централизованного водоснабжения.

Важнейшим показателем качества воды является содержание в ней тяжелых металлов, характеризующихся способностью биоаккумулироваться и вызывать различные заболевания [9]. Известно [10], что некоторые тяжелые металлы в результате длительного накопления в организме человека способствуют развитию хронической болезни почек. Накопление кадмия, кроме этого, приводит к подавлению антител, замещению цинка в ферментах с последующей его потерей организмом, и другим патологиям. Увеличение концентрации меди в организме человека приводит к поражению головного мозга, заболеваниям пищеварительной, выделительной и дыхательной систем, аллергическим реакциям и т.д. [11]. Свинец при попадании в организм человека в концентрациях, превышающих его ПДК, ингибирует действие многих ферментов, поражает почти все системы в организме: кроветворную, центральную нервную, выделительную, пищеварительную и др. [12].

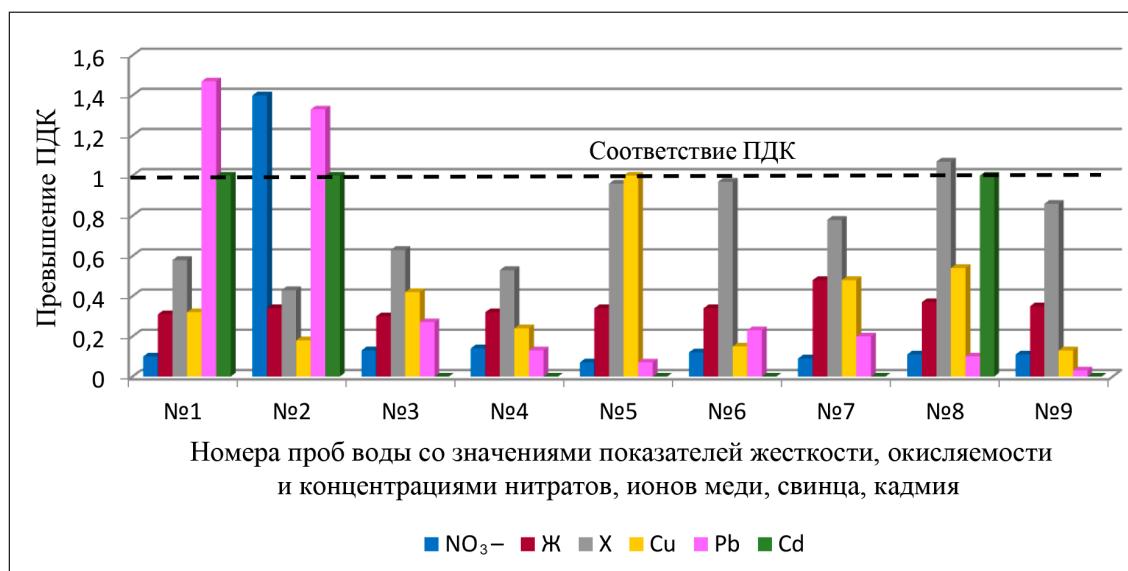


Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в пробах исследуемой воды

Номер пробы	Содержание тяжелых металлов, мг/дм <sup>3</sup>					
	Cu <sup>2+</sup>	ПДК <sub>Cu<sup>2+</sup></sub>	Pb <sup>2+</sup>	ПДК <sub>Pb<sup>2+</sup></sub>	Cd <sup>2+</sup>	ПДК <sub>Cd<sup>2+</sup></sub>
1	0,32	1,00	<b>0,044</b>	0,030	0,001	0,001
2	0,18		<b>0,040</b>		0,001	
3	0,42		0,008		–	
4	0,24		0,004		–	
5	1,00		0,002		–	
6	0,15		0,007		–	
7	0,48		0,006		–	
8	0,54		0,003		0,001	
9	0,13		0,001		–	

Примечание: «–» элемент не обнаружен.



Превышение ПДК определяемых показателей качества воды (жесткости – Ж, окисляемости – X, содержания ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>) в исследуемых пробах

Результаты определения тяжелых металлов в пробах анализируемой воды приведены в таблице 2. Как следует из таблицы 2, в пробах № 1 и 2 обнаружено превышение предельно допустимой концентрации свинца. Очевидно, вследствие изношенности и частичного коррозионного разрушения состояние домовых водопроводных труб в этих районах неудовлетворительное, в результате чего происходит вторичное загрязнение воды тяжелыми металлами, поступающими из материала труб. Возможно также частичное поступление свинца из окружающей среды в связи с частыми

авариями. Следует отметить, что пробы № 1 и 2 отобраны в микрорайонах (Уралмаш и Вторчермет) с большим количеством предприятий тяжелого машиностроения и, следовательно, отличающихся неблагоприятной экологической ситуацией, прежде всего, по содержанию тяжелых металлов в почве, воздухе и поверхностных водах. Настораживает содержание кадмия в пробах № 1, 2 и 8, которое, с одной стороны, соответствует допустимому значению, а с другой – свидетельствует о состоянии внутридомовой водопроводной сети, близком к критическому.

Таблица 3

Индексы загрязнения проб воды тяжелыми металлами

№ пробы	$C_{fi}$			$C_d$
	$Cu^{2+}$	$Pb^{2+}$	$Cd^{2+}$	
1	0,32	1,47	1	2,79
2	0,18	1,33	1	2,51
5	1,00	0,07	–	1,07
8	0,54	0,1	1	1,64

Обобщение результатов проведенных исследований качества питьевой воды представлено на рисунке. Очевидно, что из девяти проанализированных проб наиболее «грязными» являются № 1, 2 и 8, где обнаружено превышение ПДК ионов свинца (№ 1 и 2), нитратов (№ 2) и окисляемости (№ 8). Остальные пробы соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям качества.

С целью наиболее объективной оценки уровня загрязнения вод тяжелыми металлами был рассчитан индекс загрязнения  $C_d$ , характеризующий их суммарное влияние на качество воды [13]:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \quad (1)$$

где  $C_{fi}$  – коэффициент загрязнения  $i$ -м компонентом.

$$C_{fi} = C_i / C_{ПДК} \quad (2)$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го металла в пробе воды;

$C_{ПДК}$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го металла.

В таблице 3 приведены значения индексов загрязнения для четырех проб (№ 1, 2, 5, 8), в которых обнаружено превышение (или соответствие) ПДК тяжелых металлов.

Согласно [13], если  $C_d < 1$ , степень загрязнения воды низкая;  $C_d = 1-3$  – средняя (умеренная);  $C_d > 3$  – высокая. Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют об умеренном загрязнении указанных проб воды.

### Выводы

Таким образом, проанализированы пробы воды системы центрального водоснабжения в Екатеринбурге, отобранные в разных районах города. Выявлено несоответствие качества проб воды санитарно-гигиеническим нормативам по некоторым показателям. Обнаружено превышение нормативных значений окисляемости (Же-

лезнодорожный район), содержания нитратов (Чкаловский р-н, мкр-н Вторчермет) и свинца (Орджоникидзеский и Чкаловский р-ны). Возможными причинами ухудшения качества питьевой воды являются изношенность водопроводных труб в процессе их длительной эксплуатации, частые аварии, коррозионные процессы.

Безусловно, приведенные результаты не могут характеризовать состояние распределительной водопроводной сети каждого из указанных районов в целом. Для получения более точного и объективного представления о состоянии городского водопровода требуется проведение анализа гораздо большего количества проб. И, поскольку данная работа является продолжением серии исследований качества воды из разных источников Екатеринбурга и области, задачей дальнейших исследований будет расширение географии отбора проб.

### Список литературы

1. Соколов Ю.И. Риски самого ценного ресурса планеты // Проблемы анализа риска. 2020. № 1. С. 10-23.
2. Конышина Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. № 95 (5). С. 413-416.
3. Носаль А.П., Шубарина А.С., Соколовских И.И. Повышение безопасности водоснабжения крупных населенных пунктов в период маловодья (на примере города Екатеринбурга) // Водное хозяйство России. 2011. № 6. С. 33-46.
4. Гривко Е.В., Шайхутдинова А.А., Шабанова С.В. Оценка качества поверхностных вод: методические указания. Оренбург: ОГУ, 2016. 54 с.
5. Главный государственный санитарный врач РФ (2001). СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (с изменениями на 2 апреля 2018 года). Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 25.11.2023).
6. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за 2017 год; 2018. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017\\_ufo.pdf](http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf) (дата обращения: 25.11.2023).

7. Mamiseheno Rasolofonirina, Voahirana Ramarason, Solofonirina Dieudonné Ravelomanantsoa. Assessment of Nitrate Occurrence in the Shallow Groundwater of Merimandroso Area, Analamanga Region, Madagascar Using Multivariate Analysis // *American Journal of Water Resources*. 2018. Vol. 6. No. 1. P. 39-47.
8. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения // *Гигиена и санитария*. 2014. № 3. С. 5-10.
9. Al-Aizari H., Achaoucha A., Fadlib M., Al-Kadsec F. Analytical Groundwater Contamination by Heavy Metal // *Applied Journal of Environmental Engineering Science*. 2018. Vol. 3. P. 299-308.
10. Sachithra Imbulana, Kumiko Oguma. Groundwater as a potential cause of Chronic Kidney Disease of unknown etiology (CKDu) in Sri Lanka: a review // *Journal of Water and Health*. 2021. Vol. 19. No. 3. P. 393-410.
11. Aparna Borawakel, Gaikwad V.B., Sucheta Patil, Kamra Anjana. Evaluation of Heavy Metal Contamination in Ground Water of Ambad Industrial Area of Nashik, Maharashtra, India // *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2015. Vol. 4. No. 7. P. 1826-1831.
12. Новикова М.А., Пушкарев Б.Г., Судаков Н.П., Никифоров С.Б. и др. Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека // *Сибирский медицинский журнал*. 2013. № 2. С. 13-16.
13. Backman B., Bodis D., Lahermo P., Rapant S., Tervainen T. Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia // *Environmental Geology*. 1997. No. 36. P. 55-64.

СТАТЬЯ

УДК 616.7:[616.9+578.834.1]-06-07-053.5

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЕРВИЧНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ  
НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ 0–14 ЛЕТ БОЛЕЗНЯМИ  
КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ  
В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19**

**Кокушин Д.Н.**

*ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии  
и ортопедии имени Г.И. Турнера, Пушкин, e-mail: partgerm@yandex.ru*

Пандемия вируса SARS-CoV-2 оказала губительное действие на здоровье населения, и ее последствия будут изучаться еще долго. Высокий уровень хронизации и инвалидизации болезней костно-мышечной системы в детском возрасте определяет медико-социальную значимость уровня заболеваемости и интерес к изучению динамики в период пандемии в условиях мегаполиса. Цель исследования – изучить специфику заболеваемости несовершеннолетних 0–14 лет болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани, зарегистрированными впервые в жизни, в Санкт-Петербурге на фоне пандемии SARS-CoV-2. Изучены официальные статистические отчеты за 2017–2022 гг. Проведен сравнительный анализ выявляемости отдельных нозологий костно-мышечной системы и соединительной ткани у детей 0–14 лет в Санкт-Петербурге, Северо-Западном федеральном округе и в среднем по России. Первичная заболеваемость детей 0–14 лет с 2017 по 2022 г. имела высокий уровень и восходящий тренд. В динамике наблюдался двухэтапный рост: до пандемии (2017–2019 гг.) и в период пандемии (2020–2022 гг.). Темпы прироста заболеваемости в период пандемии были выше, чем до нее. В период пандемии наблюдался значимый рост юношеских артропатий и деформирующих дорсопатий ( $p \leq 0,05$ ). По Северо-Западному федеральному округу и в среднем по России во время пандемии увеличение регистрировалось по большинству нозологий. Исключением являлись ревматоидные артриты в Северо-Западном федеральном округе и спондилопатии в регионах России, имеющие максимальные темпы прироста в допандемийный период. Выявлена неблагоприятная тенденция в выявляемости болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани среди детей 0–14 лет Санкт-Петербурга. Темпы прироста первичной заболеваемости большинства нозологий в период пандемии SARS-CoV-2 превышали допандемийные значения, подтверждающая зависимость исследуемой группы заболеваний от вирусного компонента, периодов ограниченной доступности амбулаторного звена и карантинных мероприятий.

**Ключевые слова:** патология опорно-двигательного аппарата, выявляемость болезней костно-мышечной системы, мониторинг, динамика заболеваемости, дети

**FEATURES OF MORBIDITY OF MINORS 0–14 YEARS  
OLD DISEASES OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM  
AND CONNECTIVE TISSUE IN SAINT PETERSBURG  
DURING THE COVID-19 PANDEMIC**

**Kokushin D.N.**

*National Medical Research Center of Pediatric Traumatology and Orthopedics named after G.I. Turner,  
Pushkin, e-mail: partgerm@yandex.ru*

The SARS-CoV-2 virus pandemic has had a devastating effect on public health, the consequences of which will be studied for a long time. The high level of chronicity and disability of diseases of the musculoskeletal system in childhood determines the medical and social significance of the morbidity level and interest in studying the dynamics during a pandemic in a metropolis. The purpose of the study – to study the specifics of the incidence of diseases of the musculoskeletal system and connective tissue in minors 0–14 years old, registered for the first time in their lives, in St. Petersburg against the backdrop of the SARS-CoV-2 pandemic. Official statistical reports for 2017–2022 were studied. A comparative analysis of the detection rate of individual nosologies of the musculoskeletal system and connective tissue in children 0–14 years old in St. Petersburg, the Northwestern Federal District and on average in Russia was carried out. Primary incidence of children 0–14 years old from 2017 to 2022. had a high level and an upward trend. The dynamics showed a two-stage growth: before the pandemic (2017–2019) and during the pandemic (2020–2022). The rate of increase in incidence during the pandemic was higher than in the pre-pandemic period. During the pandemic, there was a significant increase in juvenile arthropathy and deforming dorsopathies ( $p \leq 0,05$ ). In the Northwestern Federal District and on average in Russia during the pandemic, an increase was recorded for most nosologies. The exceptions were rheumatoid arthritis in the Northwestern Federal District and spondylopaties in the regions of Russia, which had the maximum growth rate in the pre-pandemic period. An unfavorable trend was revealed in the detection of diseases of the musculoskeletal system and connective tissue among children 0–14 years old in St. Petersburg. The rate of increase in the primary incidence of most nosologies during the SARS-CoV-2 pandemic exceeded pre-pandemic values, confirming the dependence of the studied group of diseases on the viral component, periods of limited availability of outpatient services and quarantine measures.

**Keywords:** pathology of the musculoskeletal system, detection of diseases of the musculoskeletal system, monitoring, morbidity dynamics, children

Влияние внешних и внутренних факторов риска на организм ребенка в период активного роста скелета определяет развитие нарушений костно-мышечной системы [1]. Подъем уровня заболеваемости способствует хронизации и инвалидизации населения, снижению качества жизни, расширению программ реабилитации и абилитации при достижении трудоспособного возраста, увеличению потребности в высокотехнологичных медицинских ресурсах и мерах социальной защиты [2, 3].

Пандемия коронавирусной инфекции в 2020–2022 гг. оказала губительное действие на здоровье населения, и ее последствия будут изучаться еще долго. Все больше исследований подтверждают влияние вируса на все системы организма человека, в том числе костно-мышечную [4–6].

Для эффективной организации профильной медицинской помощи и выбора приоритетных направлений в улучшении здоровья населения необходимо учитывать региональные особенности заболеваемости на конкретной территории [7, 8]. Высокая медико-социальная значимость болезней костно-мышечной системы в детском возрасте определяет интерес к изучению динамики первичной заболеваемости по данным обращаемости в амбулаторное звено в период пандемии и необходимость ее подробно рассматривания.

Цель исследования – изучить специфику заболеваемости несовершеннолетних 0–14 лет болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани, зарегистрированными впервые в жизни, в Санкт-Петербурге на фоне пандемии SARS-CoV-2.

#### Материалы и методы исследования

Проработаны данные официальных статистических сборников ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России «Заболеваемость детского населения 0–14 лет России с диагнозом, установленным впервые в жизни» по Санкт-Петербургу, Северо-Западному федеральному округу и России (РФ) в целом с 2017 по 2022 г. [9–11]. Показатель заболеваемости был взят в расчете на 1000 детского населения соответствующего возраста. Для анализа специфики динамики проведена оценка отдельных нозологических форм данной патологии, представленных в сборниках. Для сравнения показателей использовался непараметрический метод ранговой корреляции Спирмена со значимым уровнем различия при  $p \leq 0,05$ . Анализ и визуализация полученных результатов проводилась в MS Office-2016 (Word, Excel).

#### Результаты исследования и их обсуждение

В 2022 г. болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани находились на 7 месте в структуре заболеваемости детей Санкт-Петербурга с диагнозом, установленным впервые в жизни. Это объясняется целым рядом факторов: высокой плотностью детского населения, большим сосредоточением профильных клиник и специалистов, неустойчивым влажным и холодным климатом мегаполиса, приводящим к снижению иммунитета и росту воспалительных процессов в организме, а также низкой инсоляцией и хроническим дефицитом витамина Д у населения [7, 8]. Уровень первичной заболеваемости детей 0–14 лет в СПб достигал 84,8 на 1000 детей соответствующего возраста (рисунок).

В течение 2017–2022 гг. частота выявляемости патологии в Санкт-Петербурге опережала значения в целом по Северо-Западному федеральному округу и в среднем по России. Причем разница между ними имела прогрессирующий рост ( $p \leq 0,05$ ). Если в 2017 г. она составила 1,3 и 2,1 раза, то в 2020 г., несмотря на ограничительные мероприятия, уже в 1,5 и 2,5 раза, а в 2022 – в 1,7 и 3,3 раза. Усиление разницы в пользу Санкт-Петербурга в динамике может указывать на усиливающийся дефицит медицинских кадров и других ресурсов в регионах РФ, в том числе на фоне пандемии коронавируса.

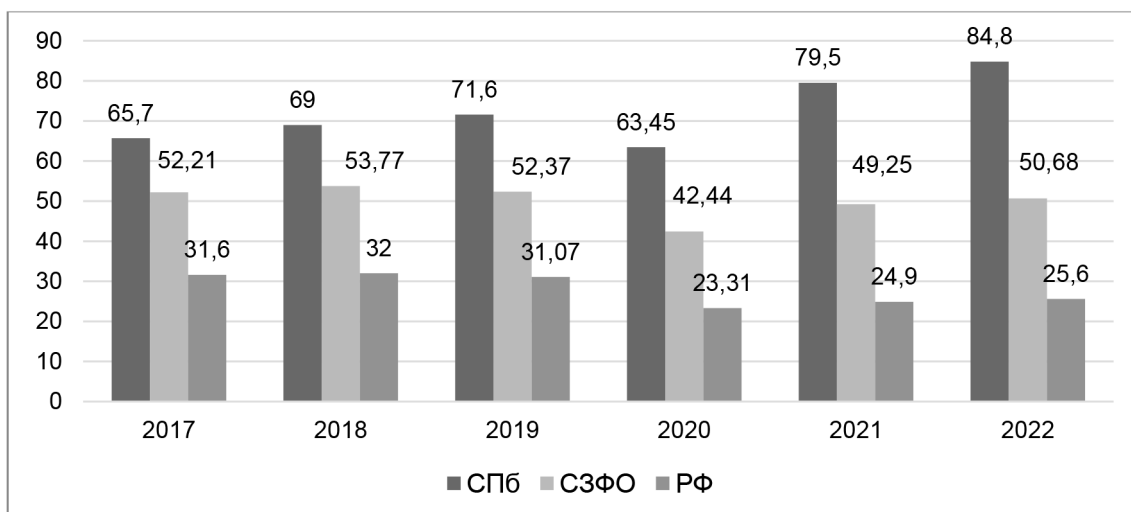
В динамике за 6 лет по Санкт-Петербургу отмечался восходящий тренд с природным показателем первичной заболеваемости на 22,5%, а в Северо-Западном федеральном округе и среднем по РФ, наоборот, убывающий – со спадом на 2,9% и 19,0% ( $p \leq 0,05$ ). Кроме того, в рассматриваемый период повсеместно наблюдалось два этапа (волны) динамики заболеваемости: первый – в 2017–2019 гг. (до COVID-19) и второй – в 2020–2022 гг. (на фоне COVID-19).

На первом этапе (2017–2019 гг.) разница в динамике заболеваемости в регионах была неоднозначная. Если в Санкт-Петербурге темп прироста показателя составил 8,2%, то в Северо-Западном федеральном округе и в среднем по РФ он практически не менялся – по 0,3%.

На втором этапе (2020–2022 гг.) наблюдался рост обращаемости детей: по Санкт-Петербургу – на 25,2%, в Северо-Западном федеральном округе – на 16,3% и в целом по регионам РФ – на 8,9%.

В 2020 г. наблюдался спад в выявляемости новых случаев заболеваний – по Санкт-Петербургу на 11,4%, в Северо-Западном федеральном округе – на 19,0% и РФ – на 25,0% ( $p \leq 0,05$ ).





*Заболеваемость детей 0–14 лет болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани с диагнозом, установленным впервые в жизни, в Санкт-Петербурге (СПб), Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) и в среднем по России (РФ) в 2017–2022 гг. (на 1000 детей соответствующего возраста)*

Снижение показателя во всех регионах было связано прежде всего с внедрением ограничительных мероприятий и снижением объемов лечения в плановой форме амбулаторного звена в борьбе с распространением коронавирусной инфекции. В дальнейшем, в 2021–2022 гг., регистрировалось восстановление частоты выявляемости с приростом новых случаев, который носил как косвенный (компенсаторный) эффект после снятия ограничений с доступности амбулаторного звена, так и прямой – ассоциированный с вирусом [12, 13]. Большой разрыв в темпах спада и прироста заболеваемости между регионами демонстрирует уровень доступности амбулаторной помощи: больший в Санкт-Петербурге и меньший в регионах России.

В структуре первичной заболеваемости по частоте преобладали деформирующие дорсопатии, прочие нозологии и артропатии в целом. За 6 лет в Санкт-Петербурге было зарегистрировано нарастание реактивных артропатий (на 24,1% ( $p \leq 0,05$ )), юношеских (ювенильных) артритов (на 26,8% ( $p \leq 0,05$ )), артропатий в целом (на 77,8% ( $p \leq 0,05$ )), деформирующих дорсопатий (на 14,7%) и спондилопатий (на 50,0% ( $p \leq 0,05$ )). В то же время новых случаев системных поражений соединительной ткани (СПСТ) и прочих нозологий было диагностировано меньше на 23,0 и 36,7% соответственно ( $p \leq 0,05$ ) (таблица).

В Северо-Западном федеральном округе и РФ основная масса отдельных нозологий имела схожую вариабельность и нис-

ходящую тенденцию. Так, темп убыли за 6 лет при реактивных артропатиях составил 17,4 и 19,4%, артропатиях в целом 0,5 и 12,6%, деформирующих дорсопатиях 4,0 и 15,3%, спондилопатиях 13,3 и 33,3%, СПСТ 15,8 и 0%, прочих – 4,9 и 29,6%. Напротив, при ювенильных артритах отмечался прирост в регистрации новых случаев – на 10,0 и 30,0%. В то же время первичные случаи ревматоидного артрита по Северо-Западному федеральному округу регистрировались на 40,0% реже, а в среднем по РФ, наоборот, на 40,0% выросли, а в Санкт-Петербурге их динамика вовсе отсутствовала ( $p \leq 0,05$ ).

На первом этапе (2017–2019 гг.) в Санкт-Петербурге у детей 0–14 лет наибольший прирост показали ревматоидные артриты, артропатии в целом и спондилопатии, а убыль – СПСТ и прочие заболевания ( $p \leq 0,05$ ). По регионам регистрировался прирост ревматоидных артритов (в Северо-Западном федеральном округе) и сокращение случаев спондилопатий (Северо-Западный федеральный округ и РФ) и СПСТ (Северо-Западный федеральный округ) ( $p \geq 0,05$ ).

На протяжении рассматриваемого периода в Санкт-Петербурге максимальные значения большинства нозологий приходились на 2018–2019 гг. и 2021–2022 гг., минимальные – на 2020 г. В Санкт-Петербурге в 2020 г. наибольший спад выявляемости произошел при ревматоидных артритах (темп убыли на 66,7%), спондилопатиях (53,6%), юношеских артритах (23,5%) и деформирующих дорсопатиях (23,2%) ( $p \leq 0,05$ ).

Заболеемость детей 0–14 лет болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани, установленными впервые в жизни, в Санкт-Петербурге, Северо-Западном федеральном округе и в целом по России в 2017–2022 гг. (на 1000 детей соответствующего возраста)

Заболевания	Регион	1 этап (до COVID-19)				2 этап (COVID-19)				Динамика в целом за 6 лет, %
		2017	2018	2019	Темп прироста/убыли, %	2020	2021	2022	Темп прироста/убыли, %	
Реактивные артропатии	Санкт-Петербург	0,44	0,47	0,43	-2,3	0,50	0,40	0,58	13,8	24,1 <sup>1</sup>
	Северо-Западный федеральный округ	0,46	0,48	0,44	-4,3	0,36	0,33	0,38	5,3	-17,4
	В среднем по России	0,36	0,38	0,34	-5,6	0,28	0,28	0,29	3,4	-19,4
Юношеский (ювенильный) артрит	Санкт-Петербург	0,30	0,35	0,34	11,8	0,26	0,28	0,41	36,6 <sup>1</sup>	26,8 <sup>1</sup>
	Северо-Западный федеральный округ	0,27	0,30	0,25	-7,4	0,20	0,24	0,30	33,3 <sup>1</sup>	10,0
	В среднем по России	0,14	0,15	0,15	6,7	0,13	0,14	0,2	35,0 <sup>1</sup>	30,0 <sup>1</sup>
Ревматоидный артрит	Санкт-Петербург	0,04	0,03	0,09	55,6 <sup>1</sup>	0,03	0,03	0,04	25,0 <sup>1</sup>	0
	Северо-Западный федеральный округ	0,05	0,03	0,06	16,7	0,03	0,03	0,03	0	-40,0 <sup>1</sup>
	В среднем по России	0,03	0,02	0,03	0	0,04	0,02	0,05	20,0	40,0 <sup>1</sup>
Артропатии	Санкт-Петербург	9,03	10,4	29,4	69,4 <sup>1</sup>	28,0	37,0	40,6	31,2 <sup>1</sup>	77,8 <sup>1</sup>
	Северо-Западный федеральный округ	23,2	23,0	22,1	-4,7	18,8	22,7	23,1	18,5	-0,5
	В среднем по России	12,4	13,0	12,7	2,5	9,7	10,5	10,8	10,4	-12,6
Деформирующие дорсопатии	Санкт-Петербург	15,2	15,6	17,8	14,7	13,7	16,3	17,8	23,2 <sup>1</sup>	14,7
	Северо-Западный федеральный округ	10,3	10,7	11,2	7,9	7,98	9,4	9,9	19,5	-4,0
	В среднем по России	7,3	7,2	7,4	0,8	5,53	6,0	6,2	10,8	-15,3
Спондилопатии	Санкт-Петербург	0,1	0,04	0,28	75,0 <sup>1</sup>	0,1	0,15	0,14	7,1	50,0 <sup>1</sup>
	Северо-Западный федеральный округ	0,15	0,1	0,12	-20,0	0,07	0,08	0,13	46,2 <sup>1</sup>	-13,3
	В среднем по России	0,06	0,07	0,04	-33,3 <sup>1</sup>	0,04	0,05	0,04	0	-33,3 <sup>1</sup>
СПСТ	Санкт-Петербург	0,74	0,45	0,57	-23,0 <sup>1</sup>	0,57	0,58	0,57	0	-23,0 <sup>1</sup>
	Северо-Западный федеральный округ	0,38	0,28	0,31	-18,4	0,26	0,34	0,32	18,8	-15,8
	В среднем по России	0,09	0,10	0,09	0	0,09	0,1	0,09	0	0
Прочие заболевания данной группы	Санкт-Петербург	38,9	41,6	22,7	-41,6 <sup>1</sup>	20,3	24,8	24,6	17,5	-36,7 <sup>1</sup>
	Северо-Западный федеральный округ	17,4	18,8	17,9	2,9	14,7	16,2	16,5	11,0	-4,9
	В среднем по России	11,2	11,1	10,3	-7,9	7,5	7,8	7,9	5,1	-29,6 <sup>1</sup>

Примечание: <sup>1</sup>p ≤ 0,05.

Многие авторы описывают осложнения COVID-19 со стороны опорно-двигательного аппарата, обусловленные гиподинамией, в особенности у школьников, а также развитие воспалительных артритов, ассоциированных с коронавирусной инфекцией [12–14]. В целом за время пандемии COVID-19 (2020–2022 гг.) по Санкт-Петербургу негативная картина с нарастанием первичной заболева-

емости наблюдалась в отношении реактивных артропатий (темпы прироста на 13,8%), юношеских артропатий (36,6%), артропатий в целом (31,2%), ревматоидных артритов (25,0%), деформирующих дорсопатий (23,2%) и прочих заболеваний (17,4%).

В Северо-Западном федеральном округе и регионах РФ на втором этапе отмечалось увеличение ювенильных артритов, артропа-

тий в целом, деформирующих дорсопатий и прочих нозологий. Отдельно по Северо-Западному федеральному округу зарегистрирован прирост спондилопатий и СПСТ.

При сравнении вариабельности первичной заболеваемости на первом и втором этапах в Санкт-Петербурге на фоне пандемии реактивные артропатии ( $p \geq 0,05$ ), юношеские артриты ( $p \leq 0,05$ ) и деформирующие дорсопатии ( $p \leq 0,05$ ) демонстрировали больший темп прироста, чем ревматоидные артриты, артропатии в целом и спондилопатии, темп прироста которых был значимо ниже ( $p \leq 0,05$ ). В Северо-Западном федеральном округе и в среднем по РФ высокие темпы прироста большинства нозологий регистрировались во время пандемии. Исключением являлись ревматоидные артриты в Северо-Западном федеральном округе и спондилопатии в РФ с высокими темпами прироста в допандемийный период.

### Заключение

Первичная заболеваемость детей 0–14 лет болезнями костно-мышечной системы в Санкт-Петербурге в рассматриваемый период находилась на высоком уровне с восходящим трендом. Наблюдался двухэтапный рост: до пандемии (2017–2019 гг.) и в период пандемии (2020–2022 гг.). В период пандемии регистрировался значимо больший темп прироста первичных показателей юношеских артропатий и деформирующих дорсопатий. В отношении ревматоидных артритов, артритов в целом и спондилопатий темпы прироста оказались ниже по сравнению с допандемийным периодом. Выявленные особенности необходимо учитывать при перспективном и стратегическом планировании организационных мер и переоценке управленческих решений при оказании первичной специализированной медицинской помощи по профилю «Травматология и ортопедия».

### Список литературы

1. Крукович Е.В., Догадина Н.А., Каблуков Д.А., Плехова Н.Г. Причины формирования и факторы риска патологии костно-мышечной системы у детей и подростков // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 5. URL:

<https://science-education.ru/ru/article/view?id=26891> (дата обращения: 06.11.2023).

2. Акулин И.М., Соколова В.В. Удовлетворенность родителей доступностью льготного лекарственного обеспечения несовершеннолетних // *Менеджер здравоохранения*. 2022. № 6. С. 47–52.

3. Кокушин Д.Н., Хардииков М.А., Виссарионов С.В., Соколова В.В., Хусаинов Н.О., Залетина А.В. Сравнительный анализ качества жизни детей с врожденным сколиозом после хирургического лечения: экстирпация полупозвонка из дорсального и комбинированного доступов // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2021. Т. 9, № 2. С. 153–162.

4. Мусина А.А., Амирсеитова Ф.Т., Исмаилова А.А. Влияние пандемии COVID-19 на показатели травматизма в мире и в Казахстане // *Traumatology and Orthopaedics of Kazakhstan*. 2021. № 1. С. 48–52.

5. Rossi L., Behme N., Breuer C. Physical Activity of Children and Adolescents during the COVID-19 Pandemic-A Scoping Review // *Int J Environ Res Public Health*. 2021. Vol. 18, Is. 21. P. 11440.

6. Полякова Ю.В., Папичев Е.В., Ахвердян Ю.Р., Сивордова Л.Е., Заводовский Б.В. Новая коронавирусная инфекция – прямое и косвенное влияние на пациентов с болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани // *Современные проблемы науки и образования*. 2021. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31342> (дата обращения: 05.11.2022).

7. Балабанова Р.М., Дубинина Т.В., Демина А.Б., Кричевская О.А. Заболеваемость болезнями костно-мышечной системы в Российской Федерации за 2015–2016 гг. // *Научно-практическая ревматология*. 2018. № 56 (1). С. 15–21. DOI: 10.14412/1995-4484-2018-15-21.

8. Кокушин Д.Н., Соколова В.В. Оценка первичной заболеваемости детского населения Санкт-Петербурга болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани // *Forcipe*. 2022. Т. 5, № S2. С. 265–266.

9. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. Часть V. М.: ФГБУ «ЦНИИОИЗ», 2018. 144 с.

10. Котова Е.Г., Кобякова О.С., Стародубов В.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Поликарпов А.В., Шелепова Е.А. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2020 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. Часть V. М.: ФГБУ «ЦНИИОИЗ», 2021. 146 с.

11. *Здравоохранение в России. 2022: Статистический сборник/Росстат*. М., 2023. 171 с.

12. Thallapureddy K., Thallapureddy K., Zerda E., Suresh N., Kamat D., Rajasekaran K., Moreira A. Long-Term Complications of COVID-19 Infection in Adolescents and Children // *Curr Pediatr Rep*. 2022. Vol.10, Is. 1. P.11–17. DOI: 10.1007/s40124-021-00260-x.

13. Тарадин Г.Г., Куглер Т.Е., Маловичко И.С., Кононенко Л.В. Острый артрит, ассоциированный с COVID-19 // *Альманах клинической медицины*. 2022. Т. 50, № 2. С.139–148.

## СТАТЬИ

УДК 004.04

**СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА  
НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ИЗДЕЛИЯХ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ****Букарев А.В.***ФГАОУ ВО Национальный исследовательский университет**«Московский институт электронной техники», Москва, e-mail: anton@bukarev.org*

В статье описывается разработка и применение метода распределенного запуска тестовых сценариев с помощью технологии вызова удаленных процедур для автоматизированного выявления и устранения неисправностей в программном обеспечении устройств электронной техники. Главная цель исследования – интегрировать этот метод в процессы предпроизводственного тестирования для повышения качества и надежности электронных устройств. Представленный метод позволяет централизованно управлять процессами тестирования на различных удаленных устройствах, используя облачные технологии для эффективной координации и синхронизации. Исследование показало, что представленный метод значительно увеличивает скорость и точность обнаружения ошибок в ПО, снижая при этом временные и ресурсные затраты. Это достигается за счет автоматизации процессов и универсальности метода, который можно применять на различных платформах и в разных условиях без необходимости дополнительной настройки. По сравнению с традиционными методами тестирования, метод распределенного запуска демонстрирует значительное сокращение времени, необходимого для обнаружения и устранения неисправностей. Применение метода распределенного запуска не только улучшает качество и надежность электронной техники, но и вносит вклад в повышение эффективности производственных процессов. Эти результаты предоставляют ценные перспективы для дальнейшего развития и совершенствования методов автоматизированного тестирования в сфере электронной техники.

**Ключевые слова:** автоматизированный поиск неисправностей, тестирование электронной техники, улучшение качества продукции, эффективность тестирования, автоматизированное тестирование

**TOOLS FOR AUTOMATED FAILURE FINDING  
IN ELECTRONIC PRODUCTS****Bukarev A.V.***National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: anton@bukarev.org*

The article describes the development and application of a method for distributed launching of test scenarios using remote procedure call technology for the automated detection and rectification of faults in the software of electronic devices. The primary goal of the research is to integrate this method into pre-production testing processes to enhance the quality and reliability of electronic devices. The introduced method allows for centralized management of testing processes across various remote devices, utilizing cloud technologies for efficient coordination and synchronization. The study demonstrates that the introduced method significantly increases the speed and accuracy of detecting software errors, while concurrently reducing time and resource expenditures. This is achieved through the automation of processes and the versatility of the method, which can be applied across various platforms and in different conditions without the need for additional adjustments. Compared to traditional testing methods, the distributed launching method shows a substantial reduction in the time required to detect and rectify faults. The application of the distributed launching method not only improves the quality and reliability of electronic devices but also contributes to enhancing the efficiency of manufacturing processes. These outcomes offer valuable insights for the further development and refinement of automated testing methods in the field of electronic technology.

**Keywords:** automated fault detection, testing of electronic equipment, improvement of product quality, testing efficiency, automated testing

В современном мире изделия электронной техники (ИЭТ) занимают ведущие позиции в повседневной жизни людей. От смартфонов и ноутбуков до бытовой техники и развлекательных систем – все эти устройства стали неотъемлемой частью нашего быта. С учетом их значимости вопрос качества и надежности этих устройств выходит на первый план для производителей и потребителей. Однако, учитывая сложность и многофункциональность современной электронной техники, риск возникновения неисправностей в ПО этих устройств остается высоким.

Проблема обнаружения и устранения неисправностей в ПО до запуска производства представляет собой значительный технический и экономический вызов. Традиционные методы тестирования часто требуют значительных временных и ресурсных затрат и не всегда эффективны в условиях быстро меняющихся требований и постоянного обновления оборудования [1].

В связи с этим разработка новых методов автоматизированного поиска и устранения неисправностей в устройствах электронной техники становится актуальной задачей. Новые методы должны обеспечивать



не только высокую точность и скорость обнаружения проблем, но и быть гибкими, чтобы адаптироваться к различным типам устройств и условиям их эксплуатации.

Цель исследования состоит в разработке и апробации метода автоматизированного поиска неисправностей в устройствах электронной техники. В рамках исследования особое внимание уделяется созданию методики, которая может быть эффективно интегрирована в процессы предпроизводственного тестирования для минимизации вероятности брака и повышения общего качества конечной продукции.

Ключевые задачи исследования включают в себя:

- Разработка методики автоматизированного поиска неисправностей, позволяющей определять и устранять потенциальные проблемы в ПО устройств электронной техники до начала их массового производства.

- Интеграция этой методики с существующими системами тестирования, что позволяет ускорить процесс обнаружения неисправностей без необходимости вносить значительные изменения в существующую инфраструктуру.

- Проведение серии экспериментов и имитационного моделирования для проверки эффективности разработанной методики, демонстрируя ее применимость и эффективность в реальных условиях.

Достижение данной цели позволяет не только улучшить качество продукции, но и сократить время и затраты, связанные с процессом тестирования, а также повысить общую надежность и долговечность устройств электронной техники, что, в свою

очередь, приносит значительные экономические преимущества как для производителей, так и для конечных пользователей.

### Материалы и методы исследования

Основой исследования является разработка и применение MP3 RPC – метода распределенного запуска тестовых сценариев с использованием технологии вызова удаленных процедур (RPC). Данный метод включает контроль процесса поиска неисправностей на удаленных устройствах с помощью специально разработанного диспетчера задач, общая схема метода представлена на рис. 1.

Для обеспечения эффективного обмена данными между устройствами и диспетчером задач, на устройствах, размещенных в облачных сервисах, устанавливается специализированный модуль – диспетчер задач, позволяющий централизованно управлять процессами тестирования и обеспечивать их синхронизацию, а генерация модуля для запуска тестов и программной оболочки тестируемой библиотеки выполняется автоматически за счет использования заранее подготовленных элементов программного кода, что позволяет создать совместимый интерфейс для каждой библиотеки, значительно экономя время на подготовку и исполнение процесса поиска неисправностей.

Применение кроссплатформенного подхода в описании тестовых сценариев обеспечивает их универсальность и возможность исполнения данного метода на различных платформах без необходимости дополнительной адаптации (рис. 2).

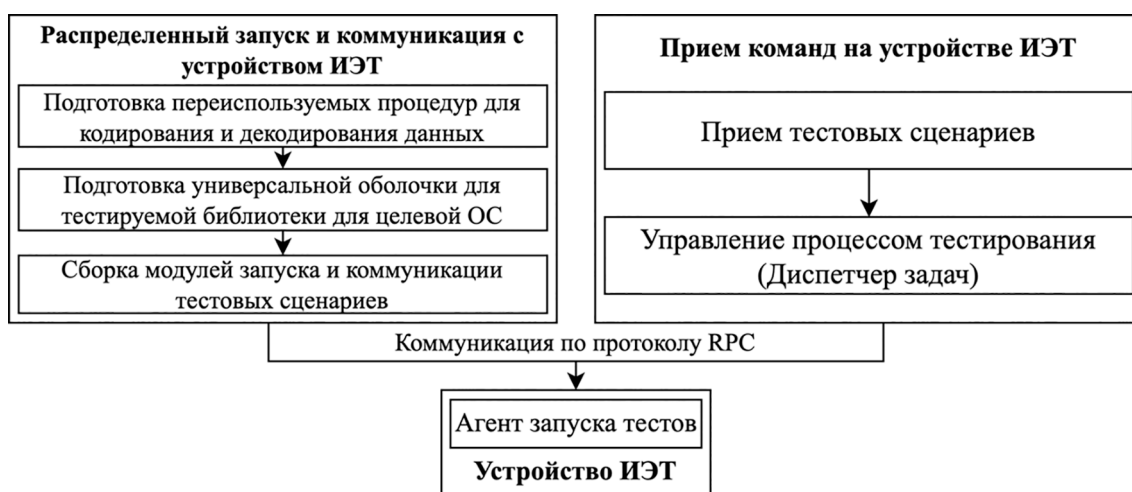


Рис. 1. Схема метода распределенного запуска тестовых сценариев с использованием технологии вызова удаленных процедур (MP3 RPC)



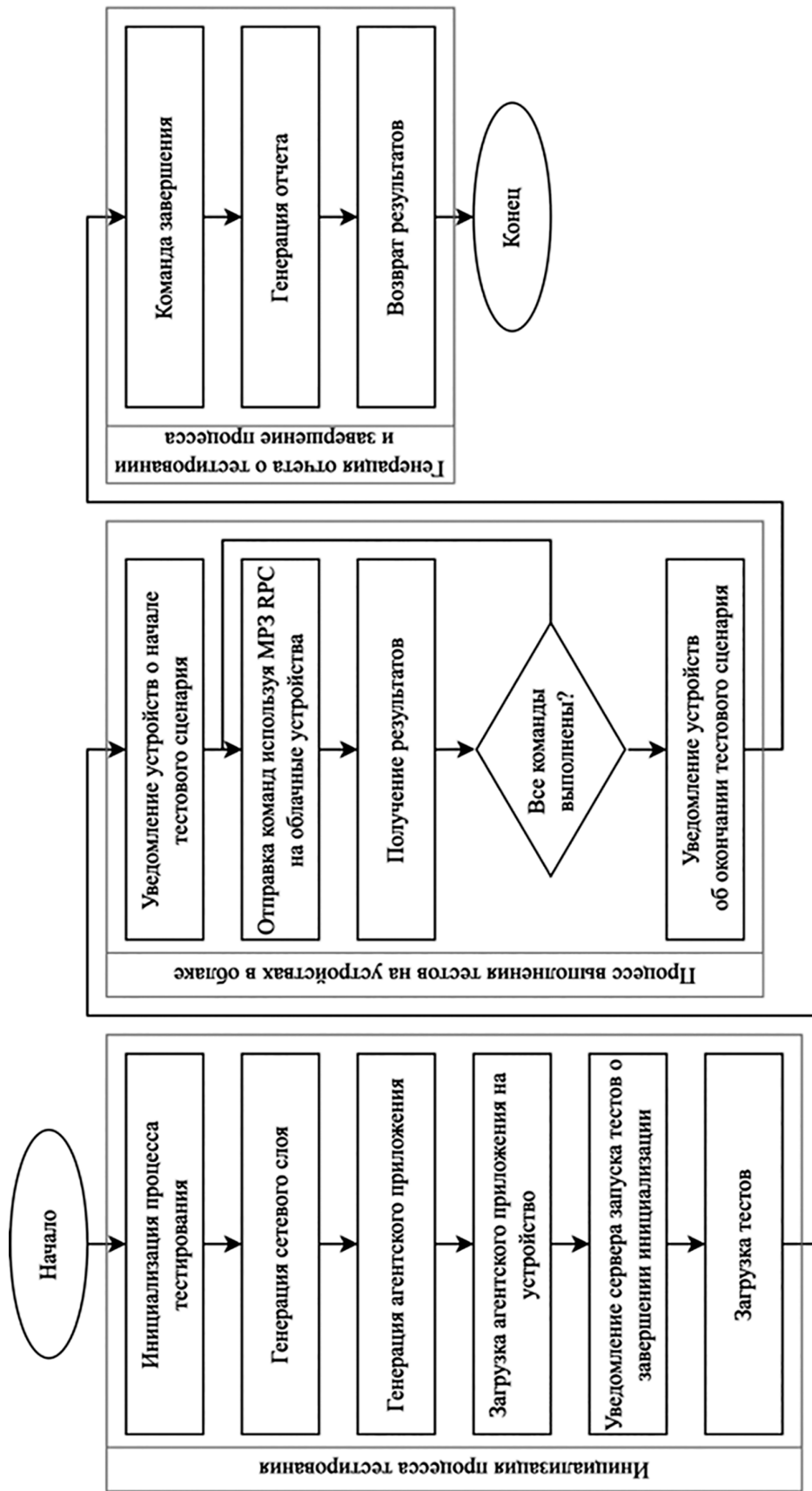


Рис. 2. Схема алгоритма автоматизации поиска неисправностей в устройствах ИЭТ

Использование облачных сервисов позволяет распределять нагрузку тестирования между географически распределенными устройствами ИЭТ. Это позволяет исключить потребность в хранении, администрировании и физическом подключении устройств на локальном уровне, тем самым снижая трудозатраты и повышая эффективность процесса тестирования [2].

Данные средства в совокупности обеспечивают комплексный и эффективный подход к автоматизированному поиску неисправностей в устройствах ИЭТ.

*Имитационное моделирование процесса тестирования*

Перед применением метода МРЗ RPC необходимо произвести моделирование существующего процесса для определения наиболее трудозатратного шага тестируемого ПО [3]. Для этого процесс тестирования можно представить в виде направленного графа, частный случай которого изображен на рис. 3.

Декомпозиция процесса тестирования позволяет вычислить характеристики каждого этапа, представленного в виде отдельного блока. Для вычисления характеристик каждый этап можно представить в виде элементов каскада системы массового обслуживания. При этом у каждого этапа свой набор входных и выходных характеристик, таких как число тестируемых функций тестируемого ПО, число моделей устройств ИЭТ для поиска неисправностей, максимальное количество одновременно тестируемых устройств, максимальное количество инженеров, количество циклов моделирования, характеризуют диагностируемое ПО ИЭТ и параметры команды разработчиков. Входные данные используются для запуска цикла моделирования, результатом которого являются временные характеристики шагов тестирования. Временные характеристики используются для предварительного анализа плана тестирования, в результате которого тестирование может быть запущено или скорректирован изначальный план тестирования и проведен дополнительный цикл моделирования.

Первоначальный этап тестирования включает разработку тестовых сценариев, охватывающих различные функции и аспекты программного продукта для проверки. Каждый сценарий охватывает множество тестовых сценариев, описывающих все потенциальные состояния ПО. Создание сценариев происходит как с использованием формальных, так и неформальных подходов [4].



Рис. 3. Представление основных этапов процесса тестирования ПО ИЭТ

Второй этап состоит из разработки тестов на основе сценариев. Это включает написание кода тестов на выбранном языке программирования, подготовку тестовых данных, выполнение тестов на ПО и фиксацию результатов.

Третий этап – это подготовка ПО к тестированию в облачной среде, включающая загрузку ПО на облачную платформу, создание виртуальных машин для тестирования и настройку облачной среды для тестирования на устройствах разного типа.

Четвертый этап заключается в запуске тестовых сценариев на устройствах в облаке, что может занимать значительное время в зависимости от количества тестов и используемых устройств.

Пятый этап – это анализ результатов тестирования, включая составление отчетов об обнаруженных ошибках и проблемах. Результаты могут быть визуализированы в графическом формате.

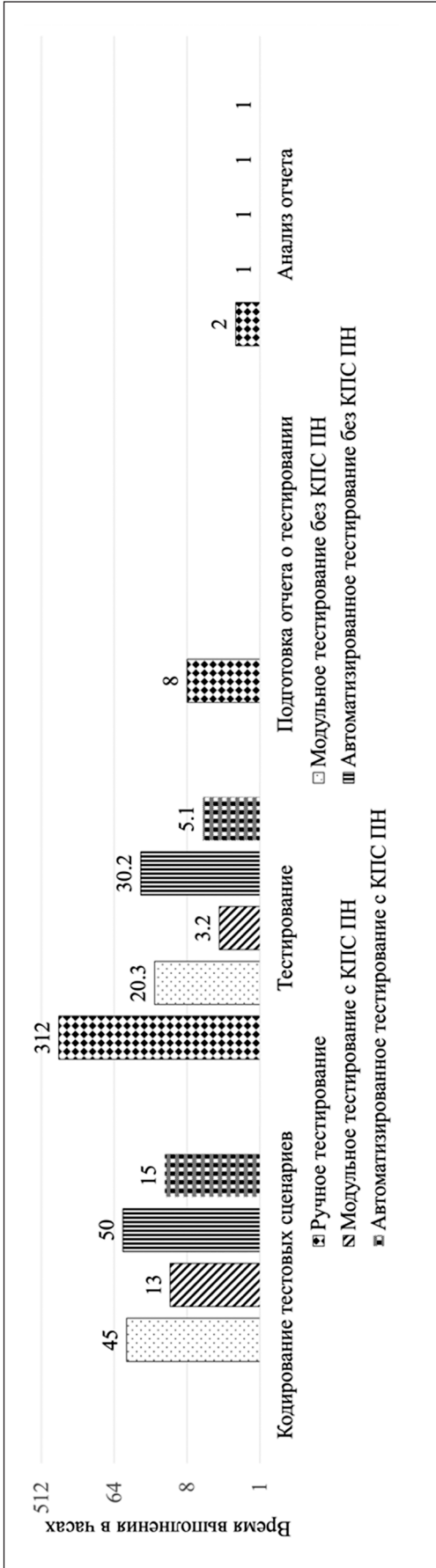


Рис. 4. Результаты измерения времени выполнения этапов поиска неисправностей ПО

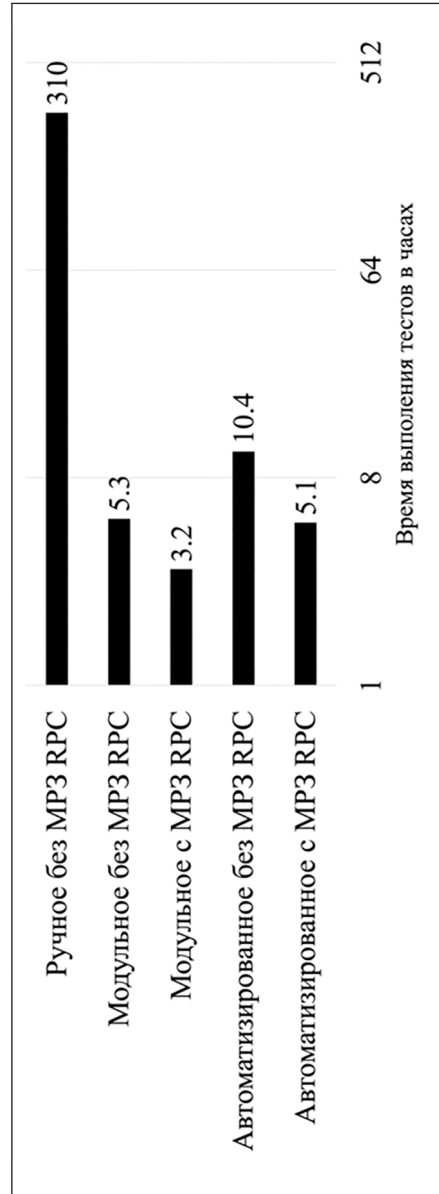


Рис. 5. Результаты измерения времени поиска неисправностей с использованием MP3 RPC

Применение теории графов к шагам тестирования позволяет выявлять и исправлять неэффективные моменты, например определяя и оптимизируя самые времязатратные узлы, ускоряя весь процесс тестирования [5, 6]. Такое представление упрощает понимание и визуализацию взаимосвязей и зависимостей, способствуя оптимизации процесса тестирования и улучшению процесса разработки ПО.

### Результаты исследования и их обсуждение

Основываясь на серии экспериментальных исследований и имитационном моделировании, установлено, что внедрение МРЗ RPC оказывает существенное влияние на ускорение процессов обнаружения и устранения неисправностей в программном обеспечении устройств.

Одним из ключевых выводов стало то, что использование МРЗ RPC позволило сократить временные затраты на тестирование и поиск ошибок в ПО в сравнении с традиционными подходами. Это особенно заметно при сравнении эффективности модульного и автоматизированного подходов к тестированию, результаты замеров которых представлены на рис. 4. Автоматизированный метод, в основе которого лежит применение разработанного подхода, продемонстрировал значительное превосходство в плане сокращения времени, необходимого для обнаружения и устранения неисправностей.

Анализ временных затрат показал, что наиболее времязатратными являются этапы кодирования и тестирования. Однако, благодаря автоматизации и унификации процессов, внедренных в рамках МРЗ RPC, время, затрачиваемое на эти этапы, значительно сократилось. Это стало возможным благодаря применению автоматической генерации тестовых сценариев и использованию облачных сервисов для распределения нагрузки тестирования, результаты которого представлены на рис. 5.

Из результатов, представленных на рис. 5, видно, что использование МРЗ RPC позволяет ускорить процессы поиска неисправностей на 60% для модульного тестирования и на 50% для автоматизированного тестирования, что свидетельствует о значительном улучшении эффективности по сравнению с традиционными методами тестирования.

Моделирование различных сценариев тестирования позволило оценить потенциальные риски и оптимизировать процессы поиска и устранения неисправностей до запуска тестирования на устройствах, что позволяет минимизировать риски выхода за пределы сроков разработки проектов,

что является критически важным для бизнес-составляющей проектов и для обеспечения высокого качества и надежности устройств электронной техники.

Результаты исследования подтвердили, что МРЗ RPC имеют огромный потенциал в повышении эффективности производственных процессов и улучшении качества конечной продукции в сфере электронной техники.

### Выводы

В результате исследования применения МРЗ RPC для тестирования ПО ИЭТ сделаны следующие выводы:

- Метод МРЗ RPC демонстрирует значительное улучшение в тестировании и устранении неисправностей в ПО ИЭТ. Автоматизация тестирования с помощью данного метода приводит к значительному сокращению времени, необходимого для обнаружения и исправления ошибок.

- Использование МРЗ RPC позволило сократить временные затраты на тестирование и поиск неисправностей ПО ИЭТ, что является ключевым фактором в повышении эффективности производственных процессов.

- МРЗ RPC позволяет применять его к устройствам разных типов и проводить кроссплатформенное тестирование, что снижает затраты на разработку, так как не требуется разработка индивидуальных решений под каждый тип устройств.

- Предложенный метод позволяет сократить время и ресурсы, необходимые для тестирования и устранения неисправностей, что, в свою очередь, снижает затраты для производителей и повышает их конкурентоспособность на рынке.

### Список литературы

1. Филиппов В.А., Хатько В.А. Проблемы качества тестирования программного обеспечения для мультизадачных пользовательских комплексов // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 3 (70). С. 32–35.
2. Веселов В.Ф., Гагарина Л.Г. Эмулятор вычислительного устройства с абсолютной точностью вычислений // Системы компьютерной математики и их приложения. 2022. № 23. С. 70–78.
3. Паршина И.С., Фролов Е.Б. Разработка цифрового двойника производственной системы на базе современных цифровых технологий // Экономика промышленности. 2020. Т. 13, № 1. С. 29–34.
4. Полевщиков И.С., Чирков М.С., Леванов А.В. Автоматизированная система разработки тест-планов при проведении тестирования программного обеспечения // Инженерный вестник Дона. 2019. № 8. С. 212–219.
5. Тютюных А.А., Полевщиков И.С. Разработка автоматизированной системы управления процессом тестирования программного обеспечения // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всероссийской научно-технической конференции. 2018. Т. 1. С. 104–109.
6. Филиппов В.А., Хатько В.А. Проблемы качества тестирования программного обеспечения для мультизадачных пользовательских комплексов // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 3 (70). С. 32–35.

## АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СМАРТФОНАХ И ПЛАНШЕТАХ НА СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Шепелев С.В., Бабин А.И.

АО «MTU Сатурн», Москва, e-mail: SSHepelev@k-tech.ru, ABabin@k-tech.ru

В представленной статье проведен анализ особенностей использования нейронных сетей в смартфонах и планшетах для сценариев и решений на основе технологий искусственного интеллекта и машинного обучения на сетях мобильной связи. Исследован мировой и отечественный уровень разработки нейронных процессоров, отечественные разработки нейронных сетей на смартфонах и планшетах. Применение искусственного интеллекта в ближайшие годы расширит сетевые возможности, пропускную способность и качество предоставления услуг мобильной связи. Благодаря появлению нейронных процессоров NPU для мобильных устройств они могут помочь понять запросы на естественном языке и ответить на них, получить соответствующую информацию из интернета и предоставить персонализированные предложения и рекомендации. При разработке отечественных приложений нейронных сетей для смартфонов (планшетов) необходимо уделять внимание взаимодействию их с отечественными операционными системами: «Аврора», Kaspersky OS, «Ред ОС М», «Роса Мобайл» отечественных смартфонов. В профессиональной сфере нейронные сети смартфонов и планшетов планируют участвовать в анализе данных, видеоаналитике, обработке естественных языков, в работе прогнозных и рекомендательных систем, сегментации и кластеризации данных, поиске аномалий и закономерностей в различных данных и генерации контента.

**Ключевые слова:** нейронные сети, нейронный процессор, ANN, NPU, приложения AI и ML

## ANALYSIS OF DOMESTIC NEURAL NETWORKS IN SMARTPHONES AND TABLETS ON MOBILE NETWORKS

Shepelev S.V., Babin A.I.

Joint-stock company "MTU Saturn", Moscow, e-mail: SSHepelev@k-tech.ru, ABabin@k-tech.ru

The presented article analyzes the features of using neural networks in smartphones and tablets for scenarios and solutions based on artificial intelligence and machine learning technologies on mobile communication networks. The world and domestic level of development of neural processors, domestic developments of neural networks on smartphones and tablets are studied. The use of artificial intelligence in the coming years will expand network capabilities, bandwidth and quality of mobile communication services. Thanks to the advent of neural processors NPU for mobile devices, they can help understand and respond to natural language queries, get relevant information from the Internet and provide personalized suggestions and recommendations. When developing domestic neural network applications for smartphones (tablets), it is necessary to pay attention to their interaction with domestic operating systems: Aurora, Kaspersky OS, Red OS M, Rosa Mobile of domestic smartphones. In the professional field, neural networks of smartphones and tablets plan to participate in data analysis, video analytics, natural language processing predictive and recommendation systems, data segmentation and clustering, the search for anomalies and patterns in various data and content generation.

**Keywords:** neural networks, neural processor, ANN, NPU, AI and ML applications

Нейронные сети на персональных устройствах (смартфонах, планшетах, смарт-устройствах) применяют во множестве сфер. Наиболее популярные примеры – это общение голосовыми командами с Siri и Алисой, распознавание объектов и людей на фотографиях в облачных хранилищах, поиск, систематизация и обработка фотографий (размытие фона, изменение освещения и исправления дефектов) или таргетинг рекламы по запросам в интернете, онлайн-переводчики (транскрипция и перевод, создание титров и субтитров) и дополненная реальность. Кроме смартфонов и планшетов технология на основе искусственного интеллекта реализуется в смарт-устройствах (умные камеры, Интернет вещей, промышленная и городская безопасность), устройствах автономных машин (Advanced Driver-Assistance Systems,

ADAS), беспилотных транспортных средствах, крупных пользовательских центрах (обработка фото- и видеоданных, текста, голоса, информационная безопасность).

Целью исследования является анализ применения различных нейронных сетей на смартфонах (планшетах), анализ мировых и отечественных разработок нейронных процессоров и нейронных приложений для смартфонов (планшетов), сделаны выводы о направлениях разработок мобильных приложений для технологий искусственных нейронных сетей (Artificial Neural Network, далее ANN) в России на смартфонах (планшетах).

### Материалы и методы исследования

Применены методы исследования: теоретический (анализ, синтез, аналогия, обоб-



щение), монографический, цифровой анализ с применением приемов сравнения и др.

*Нейронная сеть* – это математическая модель, работающая по принципу человеческого мозга. Она обучается путем первичной обработки большого набора данных, не требуя написания отдельного кода под конкретную задачу [1]. Нейросети являются одним из способов машинного обучения, подраздела искусственного интеллекта (AI), и лежат в основе алгоритмов глубокого машинного обучения (ML) [2, с. 32].

*Базовыми видами архитектур ANN являются:* нейронная сеть Хопфилда (Hopfield Network, HN); цепи Маркова (Markov Chains, MC); машина Больцмана (Boltzmann Machine, BM); сеть типа «Deep Belief» (Deep Belief Networks, DBN).

*Среди более сложных архитектур ANN:* сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) и глубинные сверточные нейронные сети (Deep Convolutional Neural Networks, DCNN); глубинные сверточные обратные графические сети (Deep Convolutional Inverse Graphics Networks, DCIGN); генеративные состязательные сети (Generative Adversarial Networks, GAN); рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Networks, RNN); нейронные машины Тьюринга (Neural Turing Machines, NTM) и многие другие [2, с. 113]. С развитием мобильных устройств и возросшим спросом на различные приложения, включающие использование ANN, оптимизация этих сетей для мобильных платформ стала одной из актуальных задач для разработчиков приложений. Нейронные сети могут быть невероятно полезными инструментами для мобильных устройств, но их эффективная работа требует определенной модификации и оптимизации.

Существует несколько методов и техник оптимизации ANN для мобильных устройств. Одним из них является *квантизация*, которая позволяет уменьшить размер нейронной сети и требуемую память для ее работы [3]. Это достигается путем снижения точности представления чисел в сети. За последние годы вычислительная мощность мобильных устройств, таких как смартфоны и планшеты, резко возросла, достигнув уровня настольных компьютеров, доступных не так давно. Хотя стандартные приложения для смартфонов больше не являются для них проблемой, по-прежнему существует группа задач, которые могут легко бросить вызов даже устройствам высокого класса, а именно запуск алгоритмов искусственного интеллекта.

Еще одним методом оптимизации является *сокращение (pruning)* ANN [3]. В этом случае нейроны, которые не имеют значительного вклада в работу сети, удаляются, что позволяет уменьшить ее размер и улучшить производительность. Сложные глубокие нейронные сети часто весят несколько гигабайт. При интеграции нейронной сети в мобильное программное обеспечение происходит некоторое сжатие, но этого все равно недостаточно для комфортной работы. Основная рекомендация разработчикам – максимально минимизировать размер приложения на любой мобильной платформе для улучшения пользовательского интерфейса.

Также стоит упомянуть о важности *выбора подходящей архитектуры ANN* для мобильных устройств. Некоторые архитектуры могут быть более подходящими для мобильной платформы, так как требуют меньше вычислительных ресурсов. В табл. 1 приведена структура и описание ANN на основе основных параметров и типов ANN.

Таблица 1

Структура и описание ANN мобильных приложений

Параметр	Типы	Описание
На основе шаблона подключения	Прямая связь, рекуррентные	Прямая связь – В графиках нет циклов. Рекуррентная – Циклы возникают из-за обратной связи
На основе количества скрытых слоев	Однослойные, многослойные	Однослойный – Имеющий один секретный слой. Например, одиночный персептрон. Многослойный – Имеющий несколько секретных слоев. Многослойный персептрон
На основе природы весов	Фиксированные, адаптивные	Фиксированный – Веса имеют фиксированный приоритет и не изменяются вообще. Адаптивный – обновляет веса и изменяется во время обучения
На основе блока памяти	Статические, динамические	Статический модуль без памяти. Текущий выходной сигнал зависит от текущего входного сигнала. Например, сеть прямой связи. Динамический блок памяти – выходные данные зависят как от текущего входного сигнала, так и от текущего выходного сигнала. Например, рекуррентная нейронная сеть

Таблица 2

## Области применения мобильных приложений ANN

Область применения	Приложения ANN
1. Создание контента	Создание статей, блогов, постов в социальных сетях. Создание рекламных копий и маркетинговых материалов. Создание стихов, рассказов и другой творческой литературы
2. Виртуальные помощники	Обеспечение поддержки клиентов с помощью чат-ботов и голосовых помощников. Предоставление персонализированных рекомендаций и помощи. Помощь в управлении задачами, планировании и напоминаниях
3. Дизайн и искусство	Создание визуальных дизайнов, таких как логотипы и графика. Создание художественных работ, включая картины и иллюстрации. Разработка 3D-моделей и виртуальных сред
4. Развлечения и игры	Разработка персонажей, уровней и сценариев видеоигр. Создание сценариев фильмов и сюжетных линий. Сочинение музыки и создание звуковых эффектов
5. Расширение данных и моделирование	Генерация синтетических данных для обучения модели машинного обучения Моделирование реалистичных сценариев исследований и разработок. Повышение конфиденциальности данных с помощью анонимизированных наборов данных
6. Языковой перевод и обработка естественного языка	Перевод текста с одного языка на другой. Обобщение длинных статей и документов. Анализ настроений и тематическое моделирование

Таблица 3

## ANN для мобильных приложений с большим объемом данных

Применение	Архитектура / Алгоритм
Моделирование процессов и управление ими	Радиальная базисная сеть
Машинная диагностика	Многослойный персептрон
Управление портфолио	Алгоритм с контролем классификации
Распознавание целей	Модульная нейронная сеть
Медицинская диагностика	Многослойный персептрон
Кредитный рейтинг	Логистический дискриминантный анализ с помощью ANN и машины опорных векторов
Целевой маркетинг	Алгоритм обратного распространения
Распознавание голоса	Многослойный персептрон, глубокие нейронные сети (сверточные нейронные сети)
Финансовое прогнозирование	Алгоритм обратного распространения
Интеллектуальный поиск	Глубокая нейронная сеть
Обнаружение мошенничества	Алгоритм градиентного спуска и алгоритм наименьших квадратов (LMS).

В табл. 2 приведены направления и области применения приложений ANN.

В табл. 3 приведены варианты применения и архитектура/алгоритм ANN для мобильных приложений с большим объемом данных.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Работа с нейронными сетями проходит в несколько этапов: подготовка ANN (вы-

бор архитектуры, топологии и алгоритмов обучения); загрузка входных данных в нейронную сеть; обучение ANN; проверка адекватности обучения. Далее происходит этап использования нейронной сети – разработчики интегрируют обученную модель в приложение. Именно здесь происходит основа AI и ML: вместе с объемом входных данных, поступающих в нейросеть, поступает информация об ожидаемом результате. Результат, полученный на выходном уров-

не нейронной сети, сравнивается с ожидаемым. Если они не совпадают, нейронная сеть определяет, какие нейроны повлияли на конечное значение в большей степени, и корректирует веса соединений с этими нейронами (так называемый алгоритм обратного распространения ошибок).

*Ограничения нейронных сетей на мобильных устройствах*

*Ограничения оперативной памяти.* Большинство мобильных устройств среднего и бюджетного класса, доступных на рынке, имеют от 2 до 4 ГБ оперативной памяти. И обычно 1/3 этой емкости зарезервирована операционной системой. Система может «убивать» приложения с нейронными сетями по мере их запуска при приближении к ограничению оперативной памяти.

*Размер приложения.* Сложные глубокие нейронные сети часто «вешают» несколько гигабайт. При интеграции нейронной сети в мобильное программное обеспечение происходит некоторое сжатие, но этого все равно недостаточно для комфортной работы. Основная рекомендация разработчикам – максимально минимизировать размер приложения на любой платформе для улучшения пользовательского интерфейса.

*Время выполнения.* Простые нейронные сети часто возвращают результаты почти мгновенно и подходят для приложений реального времени. Однако глубоким нейронным сетям могут потребоваться десятки секунд для обработки одного набора входных данных. Современные мобильные процессоры пока не такие мощные, как серверные, поэтому обработка результатов на мобильном устройстве может занять несколько часов.

*Работа с одним приложением на нескольких устройствах.* В качестве примера на телефоне и планшете пользователя установлено приложение для распознавания лиц. Оно не сможет передавать данные на другие устройства, поэтому обучение нейронной сети будет происходить отдельно на каждом из них.

Чтобы разработать мобильное приложение с использованием нейронных сетей на смартфонах, сначала необходимо создать и обучить нейронную сеть на сервере или ПК, а затем реализовать ее в мобильном приложении, используя готовые фреймворки. Когда используются нейронные сети с меньшим количеством процессорных блоков и весов, программное моделирование выполняется непосредственно на компьютере. Например, распознавание голоса и т.д. Когда алгоритмы нейронных сетей разовьются до такой степени, что полезные действия можно будет

выполнять с 1000 нейронами и 10000 синапсами, высокопроизводительное аппаратное обеспечение нейронных сетей станет необходимым для практической работы в мобильной сети [3].

Нейронный процессор или блок нейронной обработки (Neural Processing Unit, далее *NPU*) – это специализированная схема, которая реализует все необходимые элементы управления и арифметическую логику, необходимые для выполнения алгоритмов машинного обучения, обычно путем работы с моделями прогнозирования, такими как ANN или случайные леса (Random forest, RF) метода машинного обучения AI [4, с. 142].

*Мировыми OEM-производителями процессоров и мобильных чипов III и ML смартфонов* являются компании: Qualcomm; AMD; MediaTek (MTK); Apple; Google; Intel; Samsung; HiSilicon (Huawei); Amazon Web Services (AWS); Oppo (BBK Electronics); Nvidia; Unisoc (Spreadtrum); Kneron. На современном этапе к классу нейронных процессоров типа NPU могут относиться и другие, разные по устройству и специализации типы чипов, например, нейроморфные процессоры (Biotic Processing Unit, BPU), тензорные процессоры (Tensor Processing Unit, TPU), интеллектуальные процессоры искусственного интеллекта (Intelligence Processing Unit, IPU) и др. Постепенно все задачи нейронных сетей сегодня будут выполняться выделенными блоками NPU [4, с. 144]. Среди отечественных разработок нейронных процессоров на сегодня назовем: NPU-процессор «Алтай», совместной работы «Лаборатории Касперского» и компании «Мотив нейроморфные технологии»; тензорный процессор *TPU IVA* от компании IVATechnologies группы компаний «Хайтек», нейронный процессор Module NM6408 от компании АО НПЦ «Модуль».

Для создания и внедрения нейронных сетей для Android приложений применяют различные инструменты, наиболее популярные: библиотеки для мобильных устройств TensorFlow Lite, Keras и PyTorch, готовые решения ML Kit для распознавания изображений и звука, анализ текста, аппаратное ускорение для вычислений NNAPI (Neural Networks API). Помимо готовых методов есть поддержка пользовательских моделей. Мобильные устройства накладывают ограничения на работу нейронных сетей. Если вы решите их использовать, лучшим выбором будет готовое решение от Google (ML Kit) или разработка и внедрение своей собственной нейронной сети с TensorFlow Lite.

Популярными мировыми нейронными сетями для Android приложений на сегодня являются: ChatGPT 3.5; Midjourney; Silero TTS; Remini; Google Assistant и другие.

Наиболее востребованными вариантами отечественных нейронных сетей – приложений для смартфонов (планшетов) России являются: GigaChat (NeONKA ruGPT-3.5) и Kandinsky 2.2 (Fusion Brain) от компании Сбербанк; YandexGPT 2 («Алиса, давай придумаем») и Шедевр от компании Яндекс и ряд других мобильных приложений.

Вариантами отечественных смартфонов России на сегодня являются:

– MIG S6 от компании «Аванст Мобилити Солюшинз», г. Санкт-Петербург;

– Р-фон модель RT001 от Группа компаний АО «Рутек», г. Москва;

– F+ tech модель R570E от компании ООО «Ф-Плюс оборудование и разработки», г. Санкт-Петербург;

– АУУА Т1 от компании ООО «Смартэко-система» концерна «Автоматика», г. Москва.

Все смартфоны работают на ОС Android и различных отечественных операционных системах: «Astra Linux Mobile»; «Аврора»; Kaspersky OS; «Роса Мобайл» и «Ред ОС М». Взаимодействие разработанных нейронных сетей с операционной системой (ОС) смартфонов Android проверяется на этапе разработки. Проведены тесты с ОС «Аврора». Однако с отечественными ОС: Kaspersky OS, «Ред ОС М», «Роса Мобайл» тестирование мобильных устройств не проводится, что может критично отозваться в дальнейшем. Согласно статистике GS Group, в 2024 г. пользователей российских ОС сейчас насчитывается в B2B-сегменте (business to business) 1,2 млн, через год их будет 1,3 млн, а через два года – 1,4 млн. В сегменте B2G (business to government) количество потенциальных пользователей российских ОС около 85 тыс. [5].

## Заключение

Мобильные устройства накладывают свои ограничения на работу нейронных сетей. Возможности современных смартфонов с их многоядерными процессорами, выделенными графическими процессорами и гигабайтами оперативной памяти уже вышли далеко за рамки запуска стандартных встроенных в телефон приложений или простых мобильных игр. Процессоры смартфонов находятся на грани запуска некоторых мощных нейронных сетей в качестве программного обеспечения. Авторы рассмотрели основные направления разработки приложений ANN, показали критические вопросы реализации ANN в России. Основная рекомендация разработчикам – максимально минимизировать размер приложения ANN на любой платформе для улучшения пользовательского интерфейса, особенно отечественного смартфона (планшета).

## Список литературы

1. Светашов А.К. Использование искусственных нейронных сетей для их применения в существующих и перспективных радиосистемах: тематическое исследование // Молодой ученый. 2023. № 22 (469). С. 52–57.
2. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 496 с.
3. Martin Saint Laurent, Pierre Bassett, Ulyan Andersen. 28nm DSP based on embedded LDO for high-performance and energy-efficient mobile applications. [Электронный ресурс]. URL: <https://chipsandcheese.com/2023/10/04/qualcomms/34QIT1172.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).
4. Вэнь Тонг, Пейин Чжу, Сети 6G. Путь от 5G к 6G глазами разработчиков. От подключенных людей и вещей к подключенному интеллекту / Пер. с англ. В.С. Яценкова. М.: ДМК Пресс, 2022. 624 с.
5. Дорофеев Г.И. Россияне создали полноценный отечественный Android. Госсектор получил достойную альтернативу iPhone // CNews. [Электронный ресурс]. URL: <https://importfree.cnews.ru/news/top/ysclid=ls5sbgkbil629230347.pdf> (дата обращения: 22.11.2023).



## СТАТЬЯ

УДК 547.8:542.816

**ВЫСВОБОЖДЕНИЕ СУБСТАНЦИЙ ФЕНБЕНДАЗОЛА И ФЕНАСАЛА ИЗ ИХ ТВЕРДЫХ ДИСПЕРСИЙ****Халиков С.С., Кононова Е.Г., Халиков М.С., Ильин М.М.***ФГБУН «Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова»  
Российской академии наук, Москва, e-mail: khalikov\_ss@ineos.ac.ru*

Целью исследования является изучение высвобождения субстанций фенбендазола (ФБЗ) и фенасала (ФНС) из их твердых дисперсий (ТД), полученных при их механообработке с поливинилпирролидоном в различных типах измельчителей-активаторов. Процессы механообработки проводили в валковой мельнице LE-101 и планетарно-центрибежном активаторе АГО-2 при различной энергонапряженности. Полученные продукты механообработки представляли собой твердые дисперсии (ТД) в виде сыпучих порошков с повышенной растворимостью в воде. Высвобождение субстанций ФБЗ и ФНС проводили на лабораторной установке, состоящей из термостатированного стакана с буферными растворами с pH = 9,18 (среда кишечника) и pH = 1,0 (среда желудка). Концентрацию субстанций в диализате определяли методами ВЭЖХ и УФ-спектроскопии. Установлено, что высвобождение субстанций в буферный раствор с pH = 9,18 из ТД, полученных в валковой мельнице, выше, чем таковых, полученных в активаторе АГО, что связано с различием в растворимости полученных композиций и их спеканием в агломераты. При диализе экспериментальных составов в модельной системе со средой желудочного сока (pH = 1,0) наблюдается лишь проникновение через мембрану субстанции ФБЗ, что объясняется протонированием молекулы ФБЗ, являющейся слабым основанием. В УФ-спектрах диализатов с pH = 9,18 наблюдаются дополнительные полосы поглощения в области 377–380 нм, указывающие на образование супрамолекулярных комплексов фенасала с ПВП.

**Ключевые слова:** фенбендазол, фенасал, ПВП, смешевые композиции, твердые дисперсии, высвобождение в модельных системах желудка и кишечника

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-26-20055 и Министерства науки и высшего образования РФ с использованием научного оборудования центра исследования строения молекул Института элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова Российской академии наук.*

**RELEASE OF FENBENDAZOLE AND PHENASAL SUBSTANCES FROM THEIR SOLID DISPERSIONS****Khalikov S.S., Kononova E.G., Khalikov M.S., Ilin M.M.***A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of Russian Academy of Sciences,  
Moscow, e-mail: khalikov\_ss@ineos.ac.ru*

The purpose of this work is to study the release of the substances fenbendazole (FBZ) and phenasal (FNS) from their solid dispersions (SD), obtained by mechanical processing of polyvinylpyrrolidone in various types of grinder-activators. Mechanical processing processes were carried out in a LE-101 roller mill and an AGO-2 planetary-centrifugal activator at different energy intensity. The resulting mechanical processing products were solid dispersions (SD) in the form of free-flowing powders with increased solubility in water. The release of FBZ and FNS substances was carried out in a laboratory equipment, consisting of a thermostated glass with buffer solutions at pH = 9.18 (intestinal environment) and pH = 1.0 (stomach environment). The concentration of substances in the dialysate was determined by HPLC and UV spectroscopy. It has been established that the release of substances into a buffer solution with pH = 9.18 from SD's obtained in a roller mill is higher than those obtained in the AGO activator, which is due to the difference in the solubility of the resulting compositions and their sintering into agglomerates. When dialysis of experimental compounds in a model system with a gastric juice environment (pH = 1.0), only penetration of the FBZ substance through the membrane is observed, which is explained by the protonation of the FBZ molecule, which is a weak base. In the UV spectra of dialysates with pH = 9.18, additional absorption bands are observed in the region of 377-380 nm, indicating the formation of supramolecular complexes of phenasal with PVP.

**Keywords:** fenbendazole, fenasal, PVP, mixed compositions, solid dispersions, release in model systems of the stomach and intestines

*The work was carried out with the financial support of a grant from the Russian Science Foundation No. 22-26-20055 and the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation using scientific equipment of the Center for the Study of the Structure of Molecules of the Institute of Organoelement Compounds named after A.N. Nesmeyanov Russian Academy of Sciences.*

Оценка высвобождения лекарственных веществ (ЛВ) через полупроницаемую мембрану является одним из важных этапов в поиске и разработке перспективного пре-

парата [1]. Мембраны, используемые в исследованиях высвобождения *in vitro*, были разработаны для обеспечения постоянного контакта между лекарственной формой



(ЛФ) и рецепторной средой. При этом мембраны не должны проявлять какого-либо физического или химического взаимодействия с лекарственной субстанцией (ЛС) и должны быть совместимы с рецепторной средой и обеспечивать минимально возможное сопротивление диффузии действующего вещества.

В качестве мембраны используют различные материалы, чаще целлофановую пленку. Целлофан инертен, не вступает во взаимодействие ни с субстанцией, ни с компонентами лекарственной формы, а его толщина оказывает незначительное влияние на диффузию ЛВ. Существуют две основные группы мембран – натуральные и искусственные [2]. Синтетические мембраны широко используются для определения скорости высвобождения активного соединения *in vitro* из различных ЛФ. Их основными преимуществами являются доступность, стабильность и эффективность использования в ходе эксперимента. Основным преимуществом синтетических мембран по отношению к натуральным является однородность их состава и стабильность свойств от партии к партии. На сегодняшний день на рынке представлено большое количество синтетических мембран на основе целлюлозы, ее производных и различных полимеров.

Важным аспектом в исследованиях высвобождения является выбор рецепторной среды. Рецепторная среда должна обладать способностью к солюбилизации исследуемого вещества, хорошо перемешиваться и не ограничивать диффузию исследуемого вещества [2]. Чаще всего используемыми рецепторными средами для водорастворимых лекарственных средств являются вода очищенная, буферные растворы и изотонический раствор натрия хлорида. Однако для препаратов с нерастворимым в воде ЛВ выбор подходящей рецепторной среды является сложной задачей. В наших исследованиях рецепторная среда имитировала физиологически активные среды желудка и кишечника.

Цель исследования – изучить особенности высвобождения ФБЗ и ФНС из их твердых дисперсий различных составов, полученных в различных типах измельчителей-активаторов.

#### Материалы и методы исследования

*Фенбендазол (ФБЗ)* – 5-(фенилтио)-2-бензимидазолкарбамат (99,0%) фирмы Changzhou Yabang Pharmaceuticals Co. Ltd (КНР). Растворимость в воде 1,0 мг/л.  $T_{пл} = +233\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Фенасал (ФНС)* – 5-хлор-N-(2-хлор-4-нитрофенил)-2-гидроксибензамид (99,3%) компании Ghangzhou Yabang-Qh Pharmachem Co, Ltd. (КНР). Растворимость в воде 5,0 мг/л.  $T_{пл} = +225 - +230\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Поливинилпирролидон (ПВП)* – 1 этенилпирролидин-2-он марки К-15 компании Voai NKY Pharmaceuticals Ltd. (КНР).

Для получения экспериментальных составов в виде твердых дисперсий:

- состав № 1 – ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78),
- состав № 2 – ФБЗ:ФНС:ПВП (3:30:67),
- состав № 3 – ФБЗ:ФНС:ПВП (4:40:56) –

использовались валковая мельница LE-101 и еще планетарно-центробежный активатор АГО-2.

*Приготовление экспериментальных составов в валковой мельнице LE-101.* Для получения ТД состава № 1 проводили совместную механообработку субстанций ФБЗ и ФНС с ПВП в условиях [3]. Компоненты загружали в массовых соотношениях 2:20:78 в металлический барабан валковой мельницы LE-101. Барабан емкостью 0,8 см<sup>3</sup> последовательно загружали предварительно приготовленной шихтой (физическая смесь) из 3,0 г ФБЗ, 30,0 г ФНС и 117,0 г ПВП. Далее в барабан добавили 1880 г стальных шаров (35 шаров диаметром 25 мм) и проводили механообработку в течение 4 ч с отбором проб на анализ растворимости, как параметра, контролирующего процесс получения оптимальной ТД. Основными факторами механообработки были:

- объем загрузки барабана – 60 %;
- модуль процесса – 1:16;
- энергонапряженность – 1 г.

После завершения процесса механообработки из барабана была выгружена твердая дисперсия состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78) /Состав № 1/ в количестве 148,8 г в виде сыпучего порошка светло-бежевого цвета.

Аналогично были приготовлены в валковой мельнице LE-101 твердые дисперсии состава № 2 (148,1 г) и состава № 3 (146,5 г).

*Приготовление экспериментальных составов в планетарно-центробежном активаторе АГО-2.* Шихту, приготовленную в фарфоровой ступке из 0,4 г ФБЗ, 4,0 г ФНС и 15,6 г ПВП, разделив на две равные части, поместили в два металлических барабана АГО-2, объемом 60 мл. Механообработку проводили при 20 г в течение 10 мин при следующих условиях:

- 300 г шаров (диаметр 5–6 мм);
- объем загрузки барабана – 60 %;
- модуль процесса – 1:38;
- энергонапряженность – 20g.

По окончании механообработки из двух барабанов выгрузили 18,5 г сыпучего желтого порошка композиции состава № 1 (образец под названием «1–20 g»).

Аналогично были приготовлены образцы:

- состава № 1  
при 40 g (образец «1–40 g»)  
и 60 g (образец «1–60 g»);
- состава № 2  
при 20 g (образец «2–20 g»),  
при 40 g (образец «2–40 g»)  
и при 60 g (образец «2–60 g»);
- состава № 3  
при 20 g (образец «3–20 g»),  
при 40 g (образец «3–40 g»)  
и при 60 g (образец «3–60 g»).

Для определения растворимости ФНС и ФБЗ в экспериментальных твердых дисперсиях в коническую колбу помещали 0,560 г соответствующей ТД и добавляли 10 мл воды. Перемешивали в течение 3 ч с использованием магнитной мешалки Heidolph MR 3001 K со скоростью 200–250 об/мин при 37 °С. Полученную при этом суспензию центрифугировали при следующих условиях:

- скорость центрифугирования 12500 об/мин;
- время центрифугирования 30 мин.

Полученные после центрифугирования прозрачные водные растворы анализировали методом ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1200 с колонкой Zorbax Eclipse XDB-C18, 4,6\*50 мм; температура колонки +30 °С; детектор диодно-матричный. В качестве элюента применяли систему ацетонитрил-ацетатный буфер pH 3,4 (55:45), скорость потока – 1 мл/мин, объем пробы – 5 мкл [4].

УФ-спектры для высвобожденных субстанций ФБЗ и ФНС в буферном растворе бората натрия с pH = 9,18 и растворе 0,1 н соляной кислоты регистрировались [5] на компьютеризированном УФ-спектрометре Sprecord M-40 Carl Zeiss в кварцевых кюветах.

Для проведения метода диализа использовали лабораторную установку, состоя-

щую из термостатированного стакана, установленного на магнитной мешалке Heidolph MR 3001 K. В стакан помещали расчетный объем рецепторной среды, для которой поддерживалась температура 37±0,5 °С. Исследуемое количество ТД (около 0,5 г с точностью 0,001 г) наносили внутрь диализного мешка с полупроницаемой мембраной, которую потом погружали в стакан. Отбор проб диализата производили через равные промежутки времени с восполнением рецепторной среды. В качестве полупроницаемых мембран использовали нитроцеллюлозную мембрану (НЦМ), представляющую собой бумагоподобную матрицу [6], а также синтетические мембраны в виде диализных мешков Spectrapor фирмы Spectrum Medical Industry (США) и M-Cel фирмы Viscase (Франция) [7]. Для изучения процесса высвобождения компонентов экспериментальных составов были использованы следующие рецепторные среды:

- система (А), моделирующая среду кишечника (стандартный раствор тетрабората натрия  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  с pH = 9,18);
- система (В), моделирующая среду желудка (стандартный раствор 0,1 н соляной кислоты).

Содержание ФБЗ и ФНС в диализатах контролировали методами ВЭЖХ и данными УФ-спектров.

### Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные составы готовили и анализировали на растворимость, исходя из данных хроматограмм (рис. 1 и 2).

Условия приготовления экспериментальных составов представлены ниже:

(А) в валковой мельнице LE-101 с энергонапряженностью 1 g (в табл. 1 и 2 представлены данные по составу № 1 и его растворимости в динамике);

(В) в планетарно-центробежном активаторе АГО-2 с регулируемой (20, 40 и 60 g) энергонапряженностью.

Таблица 1

Растворимость фенбендазола (ФБЗ) в образцах ТД композиций ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), полученных при варьировании времени механообработки (м/о)

№	Наименование образца, условия получения	Растворимость ФБЗ	
		абсолютная	увеличение
1	ФБЗ – исх. субстанция	1,0	–
2	Проба 1 оп. 090223(1) – ФС состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78)	1,8	2
3	Проба 2 оп. 090223(1) – ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), 2 ч м/о	11,3	11
4	Проба 3 оп. 090223(1) – ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), 3 ч м/о	43,2	43
5	Проба 4 оп. 090223(1) – ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), 4 ч м/о	45,1	45

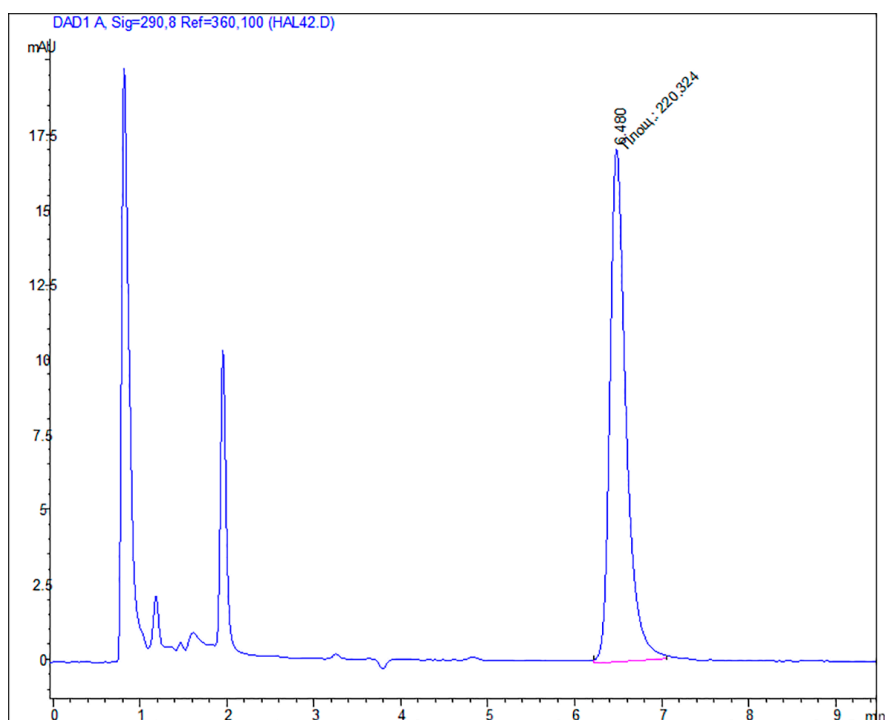


Рис. 1. Хроматограмма водного фильтрата состава № 1 для определения растворимости ФБЗ:  $\lambda = 220, 290$  нм, 6,480 мин, 5 мкл

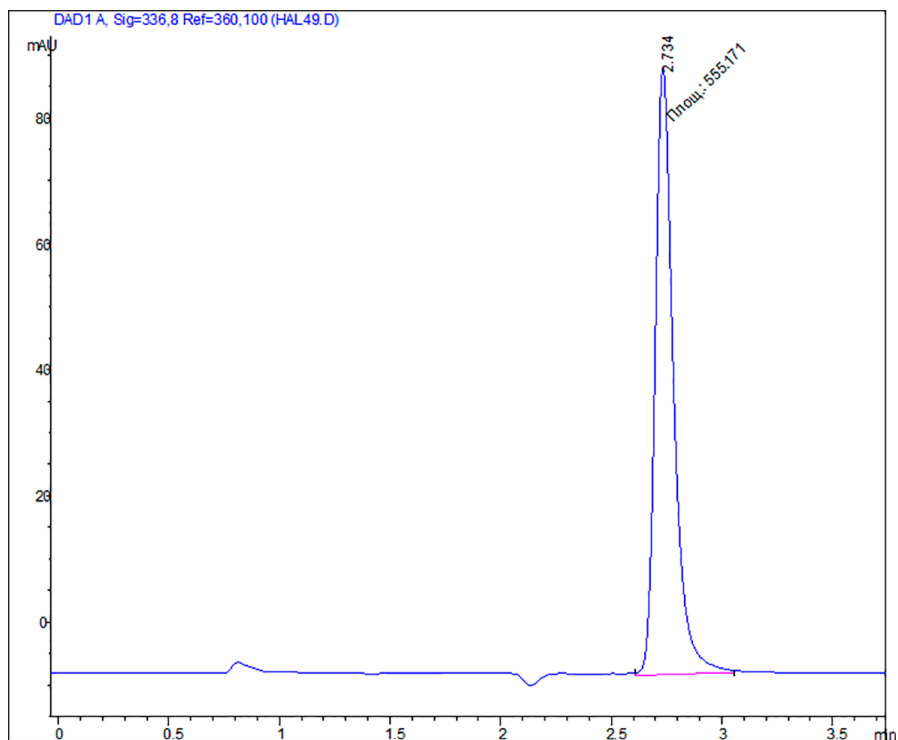


Рис. 2. Хроматограмма водного фильтрата состава № 1 для определения растворимости ФНС:  $\lambda = 555, 336$  нм, 2,734 мин, 5 мкл

Таблица 2

Растворимость фенасала (ФНС) в образцах ТД композиций ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), полученных при варьировании времени механообработки (м/о)

№	Наименование образца, условия получения	Растворимость ФНС	
		абсолютная	увеличение
1	ФНС – исх. субстанция	5,0	–
2	Проба 1 оп. 090223(1) – ФС состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78)	60,0	12
3	Проба 2 оп. 090223(1) – ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), 2 ч м/о	130,2	26
4	Проба 3 оп. 090223(1) – ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), 3 ч м/о	315,1	63
5	Проба 4 оп. 090223(1) – ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78), 4 ч м/о	329,5	66

Таблица 3

Данные диализа ФНС за 192 ч из образцов ТД, полученных в планетарно-центрибежном активаторе АГО-2

№ образца	Информация об образце	% высвобождения ФНС
№ 0	Техническая смесь ФБЗ и ФНС	1,0%
№ 1 – образец 1–20 g	ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (2:20:78)	16,2%
№ 2 – образец 2–40 g	ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (3:30:67)	6,7%
№ 3 – образец 3–60 g	ТД состава ФБЗ:ФНС:ПВП (4:40:56)	5,6%

Анализ данных табл. 1 указывает на то, что увеличение времени механообработки приводит к улучшению растворимости ФБЗ. Однако этот параметр имеет ограничение, и обработка в течение 4 ч не приводит к существенному увеличению растворимости ФБЗ. Поэтому это время обработки и было выбрано оптимальным для получения ТД состава № 1. Это оптимальное время было подтверждено и по анализу растворимости ФНС при получении состава № 1 (табл. 2), увеличение показателя до 66 раз.

Аналогично была изучена растворимость ФБЗ и ФНС из составов № 2 и 3, и было показано, что:

– в составе № 2 наблюдается увеличение растворимости ФБЗ в 38 раз и ФНС в 52 раза;

– в составе № 3 – увеличение растворимости ФБЗ в 31 раз и ФНС в 37 раз.

Растворимость компонентов (ФБЗ и ФНС) из ТД, полученных в АГО-2, значительно уступала и составляла: по ФБЗ – в 5–12 раз, ФНС – в 9–20 раз. Такой результат можно объяснить образованием спекшихся агломератов в жестких условиях механообработки в АГО-2.

При проведении диализа в буферный раствор с pH = 9,18 высвобождение ФБЗ

проходило, вероятно, с концентрацией ниже чувствительности метода. Этого надо было ожидать в связи с относительно низкой концентрацией ФБЗ в экспериментальных составах по сравнению с ФНС (сравн.: 2 и 20% /состав № 1/, 3 и 30% /состав № 2/, 4 и 40% /состав № 3/). Поэтому проводили анализ ВЭЖХ лишь одного компонента – ФНС, и результаты анализа представлены в табл. 3 и 4.

Из данных табл. 3 следует, что высвобождение ФНС из образцов, подвергнутых жесткой механообработке (например, 60 g), идет медленнее, чем из образцов при мягких условиях – 20 g.

Анализ данных табл. 4 показывает, что высвобождение ФНС из ТД, полученных в валковой мельнице, выше, чем таковых, полученных в АГО-2. Такой результат можно объяснить комплексообразованием, что косвенно подтверждается данными УФ-спектров образцов № 5, 6 и 7, в которых наблюдается появление новой полосы в области 377–380 нм, что отличается от полос поглощения ФБЗ (290 нм) и ФНС (336 нм) (рис. 3, а, б).

Весьма интересные данные были обнаружены при диализе составов № 1, 2 и 3 в среде желудочного сока. Из указанных ТД в диализат проходит лишь ФБЗ (рис. 4).

Данные диализа ФНС за 48 ч из образцов ТД,  
полученных в валковой мельнице LE-101 при механообработке за 4 ч

№ образца	Информация об образце	% высвобождения ФНС
№ 4 – физ. смесь состава № 1	ФС состава ФБЗ:НФС:ПВП (2:20:78)	7,9%
№ 5 – состав № 1	ТД состава ФБЗ:НФС:ПВП (2:20:78)	27,3%
№ 6 – состав № 2	ТД состава ФБЗ:НФС:ПВП (3:30:67)	22,2%
№ 7 – состав № 3	ТД состава ФБЗ:НФС:ПВП (4:40:56)	16,7%

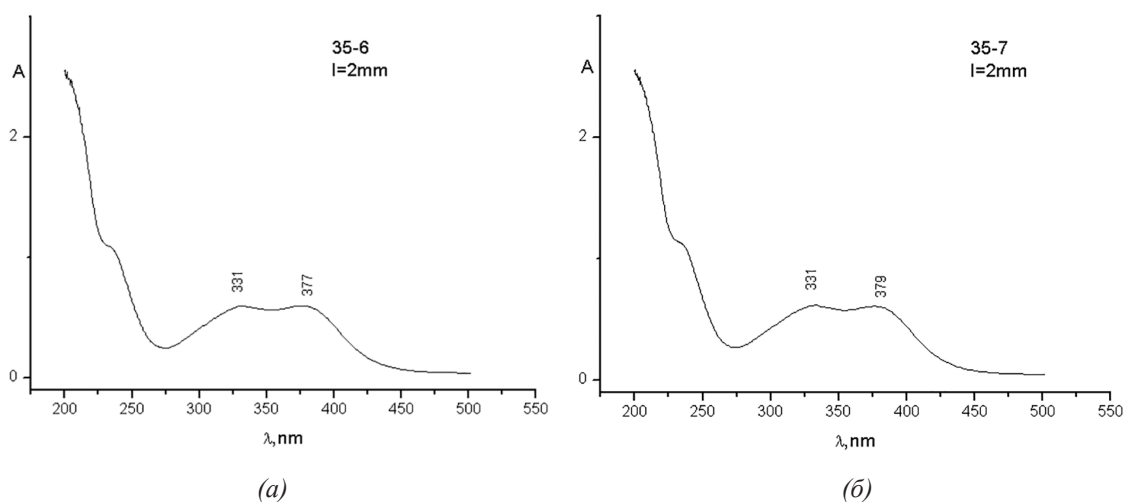


Рис. 3. УФ-спектры диализатов ТД состава № 2 (а) и состава № 3 (б)

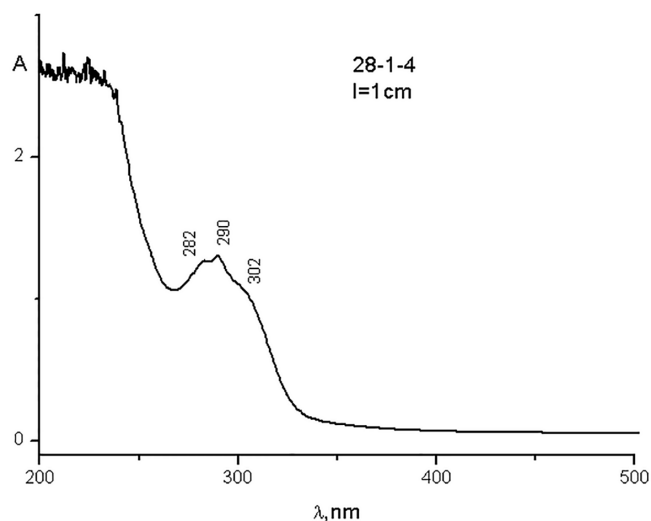


Рис. 4. УФ-спектр образца 1–20 г при диализе в 0,1 н НСІ за 280 ч

Этот результат можно объяснить протонированием молекулы ФБЗ, являющейся слабым основанием. Молекула ФНС является нейтральной молекулой и поэтому не проникает через полупроницаемую перегородку в среду соляной кислоты, и она

полностью остается внутри диализного мешка (рис. 5).

Из данных рис. 5 видно, что внутри мешка остается смесь, в которой содержание ФБЗ уменьшилось, а содержание ФНС осталось без изменения.



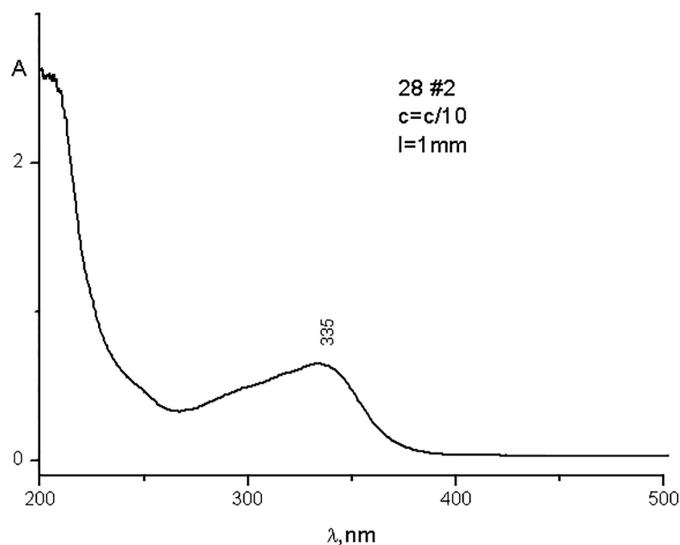


Рис. 5. УФ-спектр раствора из ТД состава № 1 (1–20 г), оставшегося внутри диализного мешка после диализа в соляную кислоту в течение 280 ч

### Заключение

Проведенные исследования по высвобождению активных субстанций ФБЗ и ФНС из ТД, полученных в валковой мельнице LE-101 и планетарно-центрибежном активаторе АГО-2, показали, что диализ этих компонентов происходит в среду желудочного сока и среду, моделирующую кишечник, по различным механизмам, которые требуют дальнейших исследований.

### Список литературы

1. Olejnik A., Goscianska J., Nowak I. Active Compounds Release from Semisolid Dosage Forms // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2012. Vol. 101, Is. 11. P. 4032–4045. DOI: 10.1002/jps.23289.

2. Petró E., Paal T., István E., Alexander K., Baki G., Csoka I. Drug release from semisolid dosage forms: A comparison of two testing methods // *Pharmaceutical Development and Technology*. 2013. Vol. 20, Is. 3. P. 330–336. DOI: 10.3109/10837450.2013.867446.

3. Халиков С.С., Евсеенко В.И., Варламова А.И., Халиков М.С., Ильин М.М., Метелева Е.С., Архипов И.А. Получение комплексных антигельминтных препаратов методами механохимии // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2023. № 2. С. 44–52. DOI: 10.17513/mjpf.13512.

4. Khalikov S.S., Khakina E.A., Khalikov M.S., Varlamova A.I. Solid Dispersions of Fenbendazole with Polymers and Succinic Acid Obtained via Methods of Mechanochemistry: Their Chemical Stability and Anthelmintic Efficacy // *Powders*. 2023. № 2. P. 727–736. DOI: 10.3390/powders2040045.

5. Косицына А.С., Фроленко Т.А. Применение методов оптической спектроскопии при изучении органических соединений: учеб. пособие. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, 2018. 86 с.

6. Fridley G.E., Holstein C.A., Oza S.B., Yager P. The evolution of nitrocellulose as a material for bioassays // *Mater. Res. Bull.* 2013. Vol. 38, Is. 4. P. 326–330. DOI: 10.1557/mrs.2013.60.

7. Squires T.M., Messinger R.J., Manalis S.R. Making it stick: convection, reaction and diffusion in surface-based biosensors // *Nat. Biotechnol.* 2008. Vol. 26, Is. 4. P. 417–426. DOI: 10.1038/nbt1388.