



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал  
**Вестник**  
**Университета гражданской защиты**  
**МЧС Беларуси**  
**(Journal of Civil Protection)**  
**Том 9, № 3, 2025**

**Редакционная коллегия:**

*главный редактор:*

**Полевода**

**Иван Иванович**

доктор технических наук,  
доцент

*зам. главного редактора:*

**Гончаренко**

**Игорь Андреевич**

доктор физико-математических наук,  
профессор

**Платонов**

**Александр Сергеевич**

кандидат физико-математических  
наук, доцент

**Редакционный совет:**

Ковтун Вадим Анатольевич, доктор технических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Барановский Николай Викторович, кандидат физико-математических наук (Россия); Батуро Алексей Николаевич, кандидат технических наук (Россия); Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Бордак Сергей Сергеевич, кандидат военных наук, доцент; Волочко Александр Тихонович, доктор технических наук, профессор; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшенок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Каван Степан, доктор технических наук (Чехия); Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпиленя Николай Васильевич, доктор военных наук, профессор; Кремень Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор; Мурзич Игорь Константинович, доктор военных наук, профессор; Пасовец Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Тур Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор; Федюк Роман Сергеевич, доктор технических наук, профессор (Россия); Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Чень Цзяньго, доктор технических наук, профессор (Китай); Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

Учредитель – Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии № 18/8 от 9 декабря 2016 г.  
журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации № 1835 от 19 сентября 2016 г.

Журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по психологическим, техническим (по научным направлениям – безопасность в чрезвычайных ситуациях; пожарная и промышленная безопасность; гражданская оборона) и военным (по научному направлению – гражданская оборона) наукам.

С декабря 2023 г. журнал включен в российский перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по 5 научным специальностям отрасли технических наук: 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, 2.10.1. Пожарная безопасность, 2.10.2. Экологическая безопасность, 2.10.3. Безопасность труда, 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Ответственность за подбор и точность приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

Полная или частичная перепечатка, размножение, воспроизведение или иное использование опубликованных материалов допускаются с обязательной ссылкой на журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».

Адрес редакции: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск

Контактные телефоны: +37517 340-53-93 (главный редактор)

+37517 341-32-99

Сайт Университета гражданской защиты: [www.ucsp.by](http://www.ucsp.by)

Email редакции: [vestnik@ucsp.by](mailto:vestnik@ucsp.by)

**ISSN 2519-237X (print)**

**ISSN 2708-017X (online)**

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Аварийно-спасательная техника, оборудование и экипировка. Тренажерная техника**

**Гончаренко И.А., Ильюшонок А.В., Марсиньяк М., Рябцев В.Н.** Детекторы ионизирующего излучения на основе волноводных кольцевых резонаторов с гиперсвязанным фторполимером. .... 300

### **Технологии и программное обеспечение в сфере предупреждения и ликвидации ЧС**

**Рыбаков А.В., Постернак Е.В.** Комплексный подход к формированию набора данных для прогнозирования ущерба от чрезвычайных ситуаций и оптимизации сил и средств. .... 310

**Закалинская К.В., Суриков А.В., Зайнудинова Н.В.** Применение мобильных технологий для формирования культуры безопасности жизнедеятельности у детей младшего школьного возраста: опыт разработки и оценки. .... 325

### **Промышленная безопасность. Повышение надежности технических объектов и оборудования. Охрана труда**

**Мартыненко Т.М., Смиловенко О.О., Пронкевич С.А., Лосик С.А., Мартыненко И.М.** Исследование механического гистерезиса при циклическом нагружении в болтовом соединении опорно-поворотного устройства крана. .... 335

**Морозов А.А., Котов А.А., Богданов Д.Ю., Казутин Е.Г.** Особенности ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена. .... 344

### **Безопасность в ЧС. Экологическая безопасность**

**Холопцев А.В., Шубкин Р.Г., Коваль Ю.Н.** Участки территории Сибири, где в 1979–2024 гг. вариации месячных сумм атмосферных осадков значимо связаны с опережающими их изменениями состояния Эль-Ниньо – Южное колебание. .... 359

**Немеровец О.В.** Моделирование процессов переполнения водохранилища, размыва грунтовой плотины и развития чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла. .... 375

### **Научное обеспечение гражданской защиты**

**Полевода И.И., Тихонов М.М., Пархомчик Э.А.** Возможные перспективы создания в Республике Беларусь единой системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий. .... 389

### **Психологические аспекты предупреждения и ликвидации ЧС**

**Степанова Н.В.** Психологическая устойчивость: личностный адаптационный потенциал и стратегии совладающего поведения. .... 400

### **Подготовка специалистов в сфере предупреждения и ликвидации ЧС. Обучение населения по вопросам безопасности жизнедеятельности**

**Пасовец В.Н., Ковтун В.А.** Формирование научно-исследовательских компетенций у обучающихся очной формы получения общего высшего образования. .... 410

**История и развитие пожарно-спасательной службы.  
Культура безопасности жизнедеятельности**

**Сергеев В.Н., Лазаревич Н.А.** Техносфера как источник системных угроз: аналитический обзор современных теоретических подходов ..... 422

**Нормативно-правовое и методическое обеспечение деятельности МЧС**

**Маршалко О.В., Ахметалин Б.Н., Хроколов В.А.** Правовое регулирование оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи в контексте формирования модельного законодательства стран ОДКБ ..... 435

Правила предоставления статей ..... 447

---

**CONTENTS**

**Emergency rescue techniques, equipment and outfit. Training equipment**

**Goncharenko I.A., Il'yushonok A.V., Marciniak M., Reabtsev V.N.** Detectors of ionizing radiation on the base of waveguide ring resonators with hyperlinked fluoropolymer. . 300

**Technologies and software in the sphere of emergency prevention and elimination, industrial and fire safety**

**Rybakov A.V., Posternak E.V.** A comprehensive approach to forming a dataset for forecasting emergency situations damage and optimizing forces and means ..... 310

**Zakalinskaya K.V., Surikov A.V., Zaynudinova N.V.** The use of mobile technologies to develop the culture of life safety in primary school children: experience of development and evaluation ..... 325

**Industrial safety. Improving the reliability of technical facilities and equipment. Labor protection**

**Martynenko T.M., Smilovenko O.O., Pronkevich S.A., Losik S.A., Martynenko I.M.** Investigation of mechanical hysteresis under cyclic loading in bolted connection of crane slewing-bolt device ..... 335

**Morozov A.A., Kotov A.A., Bogdanov D.Yu., Kazutin E.G.** Particularities of the elimination of accidents in underground subway structures under construction ..... 344

**Safety in emergencies. Ecological safety**

**Kholoptsev A.V., Shubkin R.G., Koval' Y.N.** Areas of Siberia where in 1979–2024 variations in monthly Precipitation amounts are significantly associated with changes in the state of El Niño—the Southern Oscillation anticipatory of these amounts ..... 359

**Nemerovets O.V.** Modeling of reservoir overflow processes, erosion of an earth dam and development of an emergency situation in the downstream of a hydraulic structure ..... 375

### **Scientific support of civil defense**

**Palevoda I.I., Tikhonov M.M., Parkhomchik E.A.** Possible prospects of creating in the Republic of Belarus a unified system for protecting the population and territories from natural and man-made emergency situations, as well dangers arising during military operations ..... 389

### **Psychological aspects of emergency prevention and elimination**

**Stepanova N.V.** Psychological resilience: personal adaptive potential and strategies of coping behavior ..... 400

### **Training of specialists in the sphere of emergency prevention and elimination.**

#### **Training of the population in life safety**

**Pasovets V.N., Kovtun V.A.** Development of research competencies among students of full-time general higher education programs ..... 410

### **History and development of fire and rescue service. Life safety culture**

**Sergeev V.N., Lazarevich N.A.** The technosphere as a source of systemic threats: an analytical review of contemporary theoretical approaches ..... 422

### **Legal and methodic support of the activity of the Ministry of Emergency Situations**

**Marshalko O.V., Akhmetalina B.N., Khrokolov V.A.** Legal regulation of first aid and first aid training in the context of model legislation in the CSTO countries ..... 435

Rules of submitting articles for publication ..... 447

## ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЛНОВОДНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ С ГИПЕРСВЯЗАННЫМ ФТОРПОЛИМЕРОМ

Гончаренко И.А., Ильюшонок А.В., Марсиньяк М., Рябцев В.Н.

*Цель.* Оптимизация параметров волноводных микрокольцевых резонаторов для достижения максимальной чувствительности оптических детекторов ионизирующего излучения.

*Методы.* Методы численного моделирования распределения полей и определения эффективного показателя преломления мод изогнутых щелевых волноводов, алгоритмы расчета на основе метода линий.

*Результаты.* Представлена структура и принципы работы оптического детектора ионизирующего излучения. Чувствительный элемент детектора представляет собой микрокольцевой резонатор на основе щелевых волноводов, заполненных гиперсвязанным фторполимером. Проведена оптимизация параметров щелевого волновода для получения максимальной чувствительности детектора. Показано, что чувствительность детектора на основе микрокольцевого резонатора из волновода с двумя щелями с оптимальными параметрами и радиусом резонатора 67,8 мкм достигает 103,5 мкА/кГр при измерительном диапазоне 85 кГр и разрешении 0,2 Гр.

*Область применения исследований.* Результаты обзора и анализа сведений о методах измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения могут послужить базой для создания эффективных дозиметров с высокой чувствительностью на основе оптических волноводных кольцевых резонаторов.

*Ключевые слова:* микрокольцевой резонатор, щелевой волновод, гиперсвязанный фторполимер, детектор ионизирующего излучения.

(Поступила в редакцию 17 апреля 2025 г.)

### Введение

Измерение доз ионизирующего излучения (ИИ) необходимо в атомной энергетике, например, для контроля обстановки в реакторном зале атомных электростанций и технологических каналах ядерных реакторов, радиационной безопасности, медицине и целом ряде других областей. К сенсорным элементам традиционных дозиметров необходимо подавать электрическое питание. В результате аварий линии передачи электроэнергии могут быть нарушены [1; 2]. Оптические дозиметры на основе волноводных структур обладают высокой надежностью, поскольку устойчивы к электромагнитным, химическим и механическим воздействиям. Они не требуют электрического питания сенсорных элементов, поэтому могут продолжать работу при полном отключении электроснабжения. При этом полностью устраняется возможность искрения и возгорания. Оптические волноводные дозиметры позволяют проводить удаленные измерения в режиме реального времени. Их сенсорные элементы могут быть расположены в сотнях метров от фотоэлектрических преобразующих устройств [3; 4].

В технических устройствах, работающих в условиях жесткого излучения, например, на космических аппаратах или в активной зоне ядерных реакторов, используются датчики различных физических величин на основе волноводных резонансных структур (резонаторов Фабри – Перо, микрокольцевых резонаторов) [5]. Под воздействием ИИ происходит деградация материала волноводов из-за образования дефектов и эффекта ионизации [6; 7]. Дефекты приводят к изменению оптических свойств материала из-за образования зон поглощения и центров окраски [8–10]. К тому же под влиянием ИИ изменяется показатель преломления и оптическая длина резонатора, что вызывает сдвиг резонансной длины волны или интерференционных полос. Таким образом, с помощью данных структур можно измерять дозу ИИ с большой точностью [11].

### Основная часть

**Принцип работы детектора.** В работе [12] рассмотрено влияние больших доз гамма-излучения на кольцевые резонаторы на основе двух типов волноводов из аморфного кремния ( $a\text{-Si}$ ), имеющих одинаковые размеры. Оболочка одного из волноводов выполнена из термического оксида кремния  $\text{SiO}_2$ . В качестве оболочки другого волновода использован слой гиперсвязанного фторполимера (ЭП-полимер).

Сдвиг резонансной длины волны резонатора на основе волновода, покрытого  $\text{SiO}_2$ , после воздействия гамма-излучения с общей дозой 150 кГр не наблюдался. Воздействие ионизирующего излучения на кольцевой резонатор на основе волновода с покрытием из ЭП-полимера приводит к сдвигу его резонансной длины волны на 21 пм в область меньших длин волн. Такой сдвиг соответствует изменению эффективного показателя преломления моды волновода примерно на  $-4,8 \times 10^{-5}$ . Поскольку все материалы волновода, за исключением покрытия, такие же, как и в первом случае, можно заключить, что сдвиг резонансной длины волны происходит из-за изменений показателя преломления покрывающего волновод ЭП-полимера. Таким образом, представляется возможным определить зависимость показателя преломления гиперсвязанного фторполимера от поглощенной дозы гамма-излучения.

Для этого был проведен расчет изменений эффективного показателя преломления моды изогнутого с радиусом изгиба 67,8 мкм полоскового волновода с покрытием из ЭП-полимера, исследованного в работе [12], в зависимости от дозы ИИ. Расчет проводился с помощью метода линий [13; 14], модифицированного для исследуемой структуры. Показатель преломления ЭП-полимера при отсутствии воздействия ИИ равен 1,38. Для этой величины был рассчитан эффективный показатель преломления волноводной моды. Далее мы изменяли показатель преломления ЭП-полимера и оценивали смещение эффективного показателя преломления моды вплоть до величины  $4,8 \times 10^{-5}$ . Значение показателя преломления ЭП-полимера, при котором получилось такое смещение, уменьшилось на  $4,742 \times 10^{-4}$ . Это значение было принято за величину показателя преломления ЭП-полимера после воздействия дозы ИИ, равной 150 кГр. На основании этих расчетов мы получили выражение, описывающее зависимость показателя преломления ЭП-полимера от поглощенной дозы ИИ, в предположении, что эта зависимость линейна.

Используя полученную зависимость, мы рассчитали функцию пропускания микрокольцевого резонатора на основе волноводов с одной и двумя горизонтальными или вертикальными щелями, заполненными ЭП-полимером.

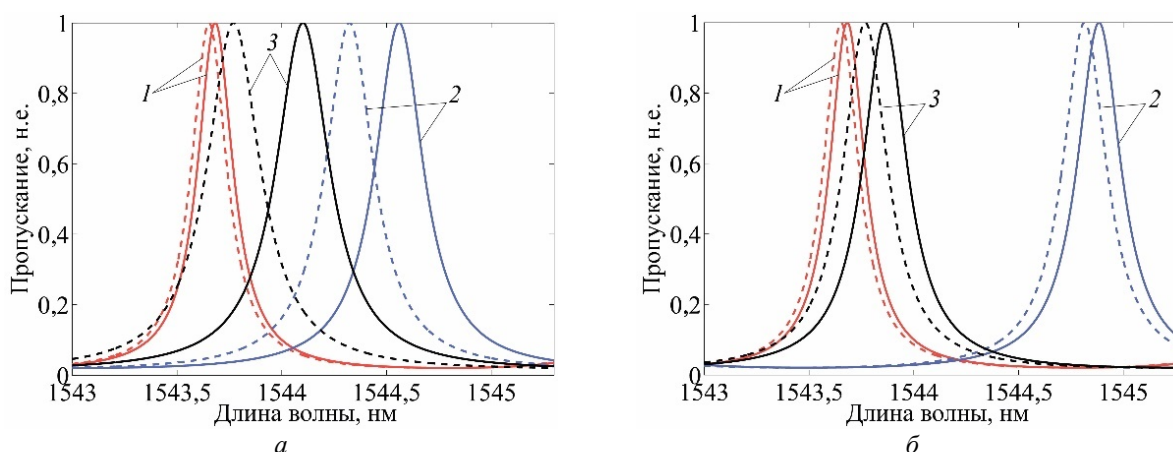


Рисунок 1. – Нормализованные функции пропускания кольцевых микрорезонаторов на основе полоскового волновода (кривые 1) и волноводов с вертикальными (а) и горизонтальными (б) щелями до (сплошные линии) и после (штриховые линии) облучения гамма-излучением дозой 150 кГр. Кривые 2 и 3 соответствуют волноводам с одной и двумя щелями

Как видно из рисунка 1, использование щелевых волноводов приводит к существенному увеличению смещения резонансной длины волны. Так, сдвиг резонансной длины волны микрорезонатора на основе волновода с одной вертикальной или горизонтальной щелью при поглощенной дозе гамма-излучения 150 кГр составляет соответственно 237 и 127 пм. Для волноводов с двумя вертикальными и горизонтальными щелями сдвиг равен соответственно 331 и 151 пм. Таким образом, наиболее чувствительными к воздействию ИИ являются волноводы с двумя щелями. При использовании микрорезонаторов на основе волноводов с двумя вертикальными щелями чувствительность детектора ИИ можно повысить более чем в 10 раз.

**Оценка чувствительности детектора.** Для оценки чувствительности детектора ИИ проанализирована зависимость интенсивности оптического сигнала на выходе резонатора на основе волноводов с двумя щелями, заполненными ЭП-полимером, от поглощенной дозы гамма-излучения при различных параметрах резонатора. Исследуемая структура представлена на рисунке 2. В качестве начальных параметров оптического излучения использовались

параметры полупроводникового лазера FU-68PDF-V510M с выходной оптической мощностью 15 мВт на длине волны 1550 нм. Оптическое излучение на выходе из кольцевого резонатора преобразовывалось в электрический сигнал р-і-п фотодиодом ФД-161 на основе соединения InGaAs. Токсовая чувствительность фотодиода на рабочей длине волны 1550 нм – не менее 0,8 А/Вт, темновой ток – не более 20 нА [15].

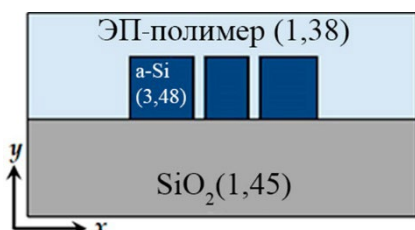


Рисунок 2. – Поперечное сечение волновода с двумя вертикальными щелями, заполненными ЭП-полимером

Чувствительность и измерительный диапазон детектора ИИ зависят от размеров щелей, заполненных ЭП-полимером, их разнесения (расстояния между щелями) и геометрических размеров волновода. Мы провели расчет сигнала на выходе кольцевого резонатора на основе волноводов с двумя вертикальными щелями с заполнением ЭП-полимером при различных его геометрических параметрах от поглощенной дозы гамма-излучения. На основе полученных результатов была проведена оптимизация параметров волновода для оценки максимальной чувствительности детектора ИИ.

На рисунке 3 приведено сравнение интенсивности сигналов на выходе микрокольцевого резонатора в зависимости от поглощенной дозы ИИ для волноводов со щелями различной ширины. Наклон кривых, описывающих зависимость выходного сигнала от дозы ИИ, характеризует чувствительность детектора. Штриховая линия соответствует резонатору на основе полоскового волновода. Как показано на рисунке 3а, наибольшей чувствительностью обладает резонатор на основе волноводов со щелями шириной 75 нм.

Это может быть объяснено следующим образом. Как следует из рисунка 3б, моды волноводов с узкими щелями имеют наибольшую интенсивность электрического поля в области щелей. Однако количество ЭП-полимера в узких щелях мало, что приводит к слабому взаимодействию поля моды с ЭП-полимером. Поскольку ИИ воздействует в основном на ЭП-полимер, влияние ИИ на направляющие свойства таких волноводов мало. В волноводах с широкими щелями количество ЭП-полимера значительно. Однако интенсивность поля моды в области щелей мала. Это также приводит к слабому влиянию ИИ на направляющие свойства волновода. В волноводе с шириной щели 75 нм достигается оптимальное соотношение между интенсивностью поля моды и количеством ЭП-полимера. В этом случае и достигается наибольшая чувствительность направляющих свойств волновода к влиянию ИИ.

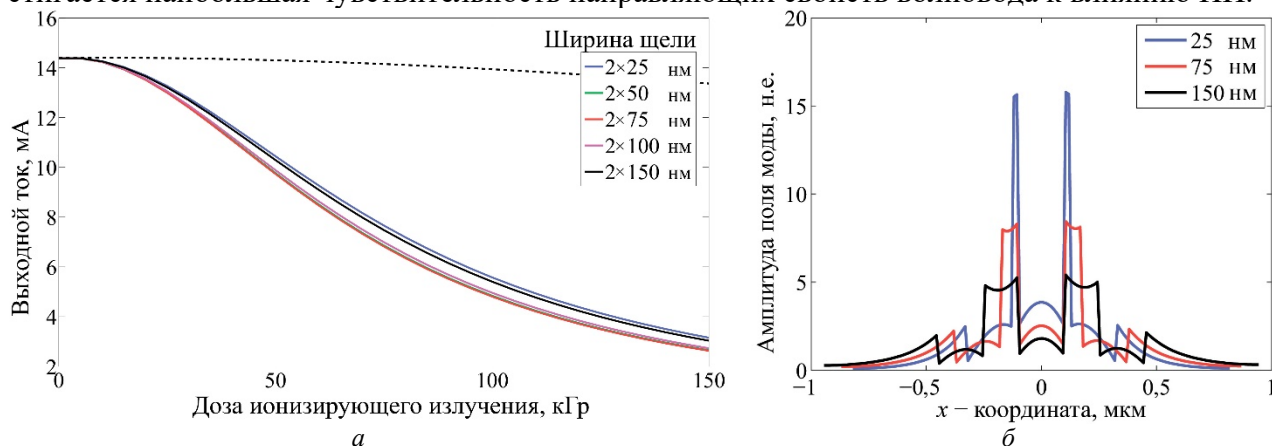
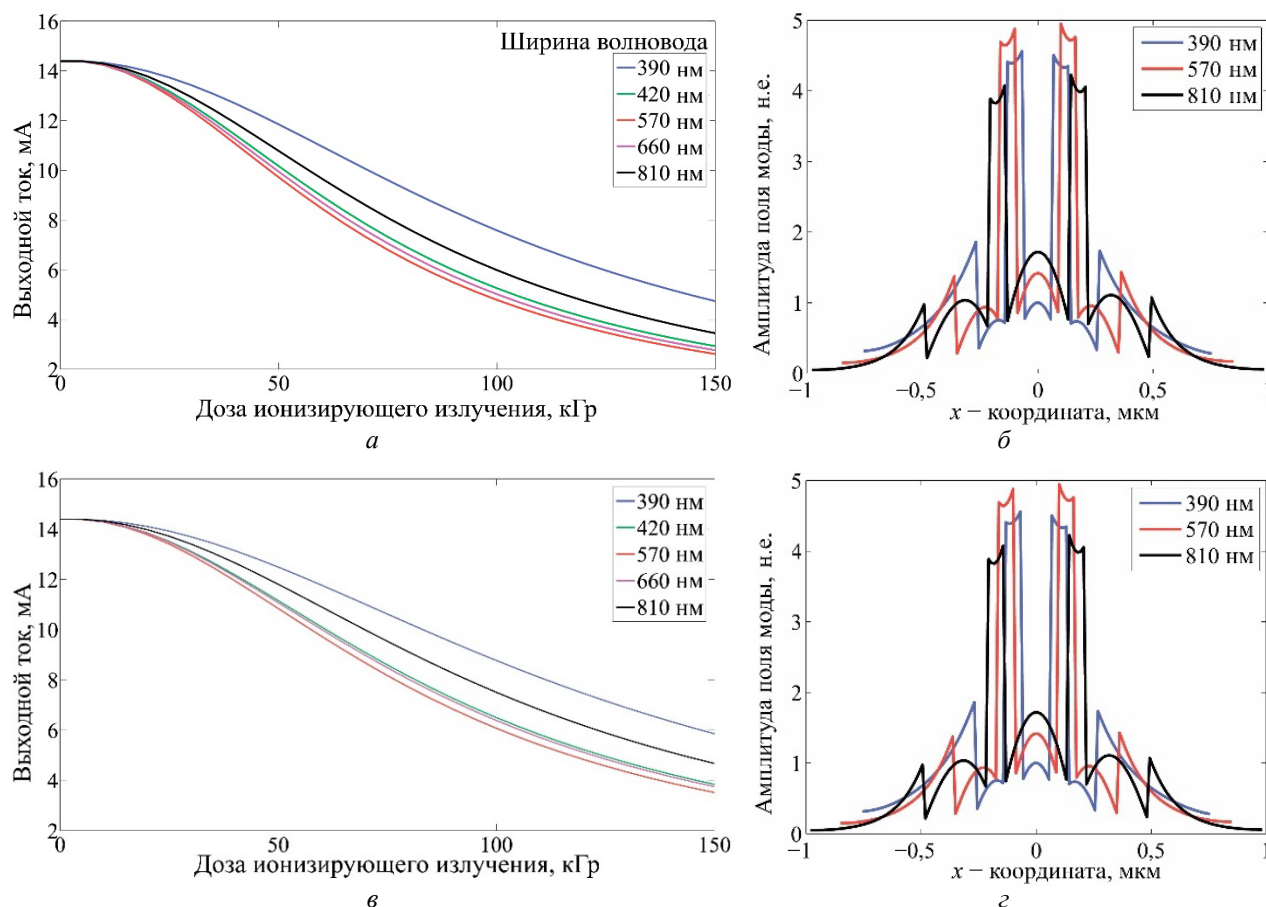


Рисунок 3. – Зависимость сигнала на выходе кольцевого резонатора на основе волноводов с двумя вертикальными щелями с заполнением ЭП-полимером от поглощенной дозы гамма-излучения (а) и поперечное распределение электрических полей мод таких волноводов (б) при разной ширине щелей. Штриховая кривая относится к полосковому волноводу. Ширина волноводов 600 нм, расстояние между щелями 200 нм

На рисунке 4 показано сравнение чувствительности сигнала на выходе микрорезонатора от поглощенной дозы ИИ для волноводов с различной шириной и оптимальными размерами щелей ( $2 \times 75$  нм). Расстояние между щелями равно одной третьей общей ширины волновода. Как следует из рисунка 4а, наибольшей чувствительностью к ИИ обладает микрокольцевой резонатор на основе волновода с шириной 570 нм.



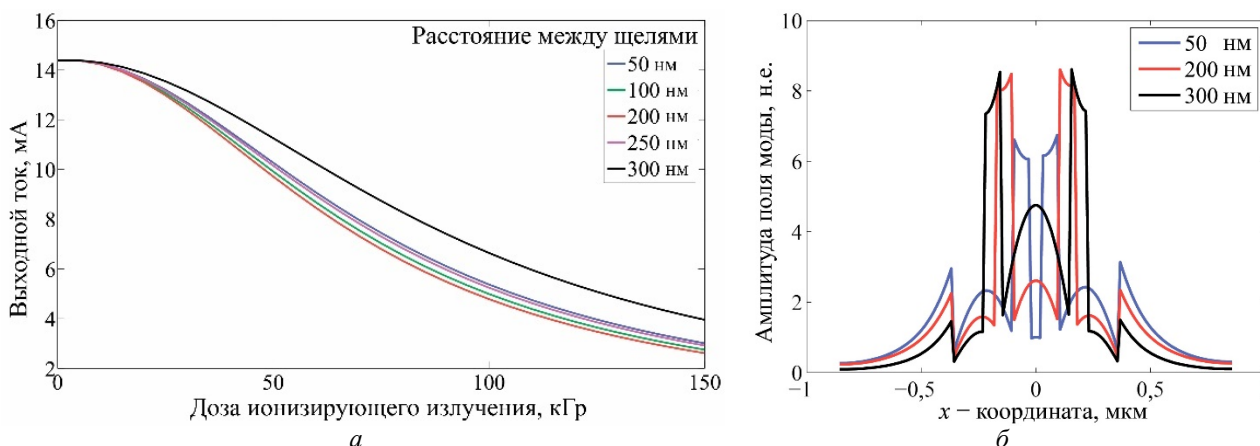
**Рисунок 4. – Зависимость сигнала на выходе кольцевого резонатора на основе волноводов с двумя вертикальными щелями шириной 75 нм с заполнением ЭП-полимером от поглощенной дозы гамма-излучения (а, в) и поперечное распределение электрических полей мод таких волноводов (б, з) при разной ширине волновода, (а, б) соответствуют волноводам с верхним покрытием из ЭП-полимера, (в, з) – волноводам с верхней оболочкой из SiO<sub>2</sub>**

Увеличение ширины волновода приводит также к увеличению количества ЭП-полимера, образующего верхнее покрытие волновода. Это может оказывать влияние на оптимальную с точки зрения максимальной чувствительности ширину волновода. Для того чтобы проверить это предположение, мы рассчитали чувствительность детектора на основе такого же волновода с двумя щелями с заполнением ЭП-полимером, но с верхним покрытием из SiO<sub>2</sub> вместо ЭП-полимера. Как видно из рисунка 4в, чувствительность такого детектора немного ниже, чем устройства на основе волновода с верхним покрытием из ЭП-полимера. Однако по-прежнему наибольшей чувствительностью обладает микрокольцевой резонатор на основе волновода с шириной 570 нм.

Наличие оптимальной ширины волновода, обеспечивающей наибольшую чувствительность, можно объяснить с помощью поперечного распределения поля волноводной моды, представленного на рисунках 4 б, з. Энергия моды волновода распределена по всему его поперечному сечению. В более широком волноводе энергия моды распределена по большей площади, и амплитуда поля моды в области щели мала. В более узких волноводах энергия моды концентрируется в основном в области полосок волновода. Это также приводит к малой энергии моды в области щелей. Наибольшая амплитуда поля моды наблюдается для волноводов с шириной 570 нм с верхним покрытием как из ЭП-полимером, так и SiO<sub>2</sub>. Поскольку количество ЭП-полимера в области щелей для волноводов с различной шириной оставалось одинаковым, чувствительность детектора зависит в основном от энергии моды

в областях, заполненных ЭП-полимером. Таким образом, максимальная чувствительность к влиянию ИИ была получена для волноводов с шириной 570 нм.

Зависимость сигнала на выходе кольцевого резонатора на основе волноводов с оптимальной шириной 570 нм с двумя вертикальными щелями с оптимальной шириной  $2 \times 75$  нм, заполненными ЭП-полимером, от поглощенной дозы гамма-излучения при различных расстояниях между щелями представлена на рисунке 5. Как видно из рисунка, наибольшей чувствительностью к ИИ обладают волноводы с разнесением щелей, примерно равным одной третьей ширины волновода (все три полосы волновода имеют одинаковую ширину).



**Рисунок 5. – Зависимость сигнала на выходе кольцевого резонатора на основе волноводов шириной 570 нм с двумя вертикальными щелями  $2 \times 75$  нм с заполнением ЭП-полимером от поглощенной дозы гамма-излучения (а) и поперечное распределение электрических полей мод таких волноводов (б) при разном расстоянии между щелями**

При малом разнесении щелей распределение электрического поля моды соответствует полю супермоды двух связанных волноводов. При этом интенсивность поля моды в области щелей мала (синяя кривая). Распределение поля моды в волноводе с большим расстоянием между щелями подобно полю моды обычного полоскового волновода (черная кривая), роль которого выполняет центральная полоска волновода с двумя щелями. Таким образом, поле моды в основном концентрируется в центральной полоске волновода, а в области щелей с ЭП-полимером интенсивность поля моды незначительна. При оптимальном расстоянии между щелями распределение поля моды подобно полю супермоды трех связанных волноводов. При этом интенсивность поля моды в области щелей значительна (красная кривая). Это приводит к наибольшим изменениям эффективного показателя преломления моды волновода из-за вариаций показателя преломления ЭП-полимера под воздействием ИИ и обеспечивает максимальную чувствительность датчика на основе такого волновода.

Как показали расчеты, чувствительность детектора на основе волноводов с двумя щелями с оптимальными параметрами может достигать 103,5 мкА/кГр при диапазоне измерений 85 кГр. В качестве диапазона измерений мы рассматривали линейную часть расчетной зависимости выходного тока фотодетектора от дозы ИИ (от 25 до 110 кГр). Поскольку темновой ток фотодетектора порядка 20 нА, очевидно, что детектор позволяет отслеживать изменения поглощенной дозы гамма-излучения с шагом не менее 0,2 Гр.

Все расчеты проводились для микрокольцевых резонаторов с радиусом 67,8 мкм, таким же, как в работе [12]. Дополнительные вариации чувствительности детектора можно получить, изменяя радиус резонатора (радиус изгиба волновода). Как следует из рисунка 6, увеличение радиуса изгиба волновода позволяет увеличить чувствительность детектора (61,7 мкА/кГр для радиуса изгиба 35,0 мкм, 103,5 мкА/кГр для радиуса изгиба 67,8 мкм и 182,1 мкА/кГр для радиуса изгиба 100,0 мкм). Разрешение детектора соответственно равно 0,33, 0,20 и 0,11 Гр. Однако это приводит также к уменьшению измерительного диапазона: 35, 85 и более 100 кГр для радиусов изгиба соответственно 100,0, 67,8 и 35,0 мкм. Это объясняется разным наклоном кривых, описывающих функцию пропускания микрокольцевых резонаторов с различными радиусами.

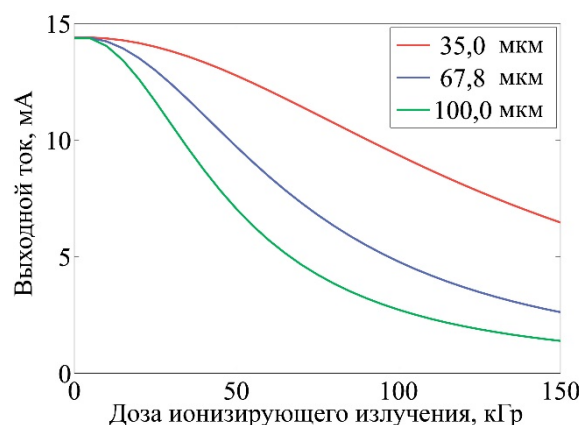


Рисунок 6. – Зависимость сигнала на выходе кольцевого резонатора на основе волноводов шириной 570 нм с двумя вертикальными щелями  $2 \times 75$  нм с заполнением ЭП-полимером с разнесением щелей 200 нм от поглощенной дозы гамма-излучения при различных радиусах микрокольцевого резонатора

### Заключение

Показана возможность использования микрокольцевых резонаторов на основе щелевых волноводов для измерения поглощенной дозы ИИ. Для увеличения чувствительности направляющих свойств волновода к влиянию ИИ щели волновода заполнены гиперсвязанным фторполимером. Проведена оптимизация параметров щелевого волновода для достижения максимальной чувствительности детектора к воздействию ИИ. Как показали расчеты, наибольшей чувствительностью к воздействию ИИ обладают микрокольцевые резонаторы на основе волноводов с двумя вертикальными щелями, в которых ширина трех диэлектрических полосок приблизительно одинакова. В этом случае распределение полей мод подобно полям трех связанных волноводов. Для волноводов, выполненных из аморфного кварца с верхним покрытием и заполнением щелей из ЭП-полимера, оптимальная ширина составляет 570 нм, а ширина щелей –  $2 \times 75$  нм.

Чувствительность детектора на основе микрокольцевого резонатора из волновода с двумя щелями с оптимальными параметрами и радиусом резонатора 67,8 мкм достигает 103,5 мкА/кГр при измерительном диапазоне 85 кГр и разрешении 0,2 Гр.

На точность измерения детектора могут влиять вариации температуры и флуктуации интенсивности источника излучения [16; 17]. Для того чтобы исключить влияние этих воздействий, можно использовать чувствительный элемент с двумя микрокольцевыми резонаторами. Одним из резонаторов является рассмотренное устройство, заполненное ЭП-полимером. Этот резонатор реагирует как на воздействие ИИ, так и на вариации температуры. Второй резонатор имеет такую же структуру, но без заполнения ЭП-полимером. Это устройство реагирует только на изменения температуры. Разностный сигнал от этих двух резонаторов зависит только от влияния ИИ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Friebele, E.J. Defect centers in a germanium-doped silica core optical fiber / E.J. Friebele, D.L. Griscom, G.H. Sigel // *Journal of Applied Physics*. – 1974. – Vol. 45, No. 8. – P. 3421–3428. – DOI: 10.1063/1.1663795.
2. Friebele, E.J. Radiation damage of optical fiber waveguides at long wavelengths / E.J. Friebele, M.E. Gingerich, K.J. Long // *Applied Optics*. – 1982. – Vol. 21, No. 3. – P. 547–553. – DOI: 10.1364/AO.21.000547.
3. Kase, K.R. The dosimetry of ionizing radiation / K.R. Kase, B.E. Bjärngard, F.H. Attix. – New York: Academic Press, 1987. – Vol. 2. – 384 p. – DOI: 10.1016/C2013-0-10940-3.
4. Andreo, P. Fundamentals of ionizing radiation dosimetry / P. Andreo, D.T. Burns, A.E. Nahum [et al.]. – Weinheim: Wiley-VCH, 2017. – 857 p. – ISBN 978-3-527-40921-1.
5. Rana, S. Numerical analysis of radiation effects on fiber optic sensors / S. Rana, H. Subbaraman, A. Fleming, N. Kandadai // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21, No. 12. – P. 4111–4127. – DOI: 10.3390/s21124111.
6. Summers, G.P. Damage correlations in semiconductors exposed to gamma, electron and proton radiations / G.P. Summers, E.A. Burke, P. Shapiro [et al.] // *IEEE Transactions on Nuclear Science*. – 1993. – Vol. 40, No. 6. – P. 1372–1379. – DOI: 10.1109/23.273529.
7. Johnston, A.H. Radiation effects in optoelectronic device / A.H. Johnston // *IEEE Transactions on Nuclear Science*. – 2013. – Vol. 60, No. 3. – P. 2054–2073. – DOI: 10.1109/TNS.2013.2259504.

8. West, R.H. Effects related to dose deposition profiles in integrated optics structures / R.H. West, S. Dowling // *IEEE Transactions on Nuclear Science*. – 1996. – Vol. 43, No. 3. – P. 1044–1049. – DOI: 10.1109/radecs.1995.509831.
9. Girard, S. 14-MeV neutron,  $\gamma$ -ray, and pulsed X-ray radiation-induced effects on multimode silica-based optical fibers / S. Girard, J. Baggio, J. Bisutti // *IEEE Transactions on Nuclear Science*. – 2006. – Vol. 53, No. 6. – P. 3750–3757. – DOI: 10.1109/TNS.2006.886222.
10. Berghmans, F. An introduction to radiation effects on optical components and fiber optic sensors / F. Berghmans, B. Brichard, A.F. Fernandez [et al.] // *Optical Waveguide Sensing and Imaging. NATO Science for Peace and Security Series*. – Springer, Netherlands, 2008. – P. 127–165. – DOI: 10.1007/978-1-4020-6952-9\_6.
11. Гончаренко, И.А. Измерение поглощенной дозы ионизирующего излучения с помощью оптических волноводных кольцевых резонаторов / И.А. Гончаренко, А.В. Ильюшенок, В.Н. Рябцев // *Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*. – 2023. – Т. 7, № 1. – С. 5–12. – DOI: 10.33408/2519-237X.2023.7-1.5. – EDN: ATBOQQ.
12. Grillanda, S. Gamma radiation effects on silicon photonic waveguides / S. Grillanda, V. Singh, V. Raghunathan [et al.] // *Optics Letters*. – 2016. – Vol. 41, No. 13. – P. 3053–3056. – DOI: 10.1364/OL.41.003053.
13. Pregla, R. The method of lines for the analysis of dielectric waveguide bends / R. Pregla // *Journal of Lightwave Technology*. – 1996. – Vol. 14, No. 4. – P. 634–639. – DOI: 10.1109/50.491403.
14. Goncharenko, I.A. Radiation loss and mode field distribution in curved holey fibers / I.A. Goncharenko, S.F. Helfert, R. Pregla // *AEU – International Journal of Electronics and Communications*. – 2005. – Vol. 59, No. 3. – P. 185–191. – DOI: 10.1016/j.aeue.2004.11.012.
15. Goncharenko, I. Electric field sensing with liquid-crystal-filled slot waveguide microring resonators / I. Goncharenko, M. Marciniak, V. Reabtsev // *Applied Optics*. – 2017. – Vol. 56, No. 27. – P. 7629–7635. – DOI: 10.1364/AO.56.007629.
16. Karnutsch, C. Temperature stabilization of optofluidic photonic crystal cavities / C. Karnutsch, C.L.C. Smith, A. Graham [et al.] // *Applied Physics Letters*. – 2009. – Vol. 94, No. 23. – Article 231114. – 3 p. – DOI: 10.1063/1.3152998.
17. Zhao, Y. Electric field sensor based on photonic crystal cavity with liquid crystal infiltration / Y. Zhao, Y.-N. Zhang, R.-Q. Lv, J. Li // *Journal of Lightwave Technology*. – 2017. – Vol. 35, No. 16. – P. 3440–3446. – DOI: 10.1109/JLT.2016.2576500.

**Детекторы ионизирующего излучения на основе волноводных кольцевых резонаторов с гиперсвязанным фторполимером**

**Detectors of ionizing radiation on the base of waveguide ring resonators with hyperlinked fluoropolymer**

**Гончаренко Игорь Андреевич**

доктор физико-математических наук,  
профессор

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра естественных  
наук, профессор

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: igor02@tut.by

SPIN-код: 7194-0240

**Igor A. Goncharenko**

Grand PhD in Physics and Mathematics Sciences,  
Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Natural Sciences,  
Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: igor02@tut.by

ORCID: 0000-0002-8063-8068

**Ильюшенок Александр Васильевич**

кандидат физико-математических наук,  
доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра естественных  
наук, заведующий кафедрой

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: ilyushonak@ucp.by

SPIN-код: 7209-8335

**Alexandr V. Ilyushonok**

PhD in Physics and Mathematics Sciences,  
Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Natural Sciences, Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: ilyushonak@ucp.by

ORCID: 0000-0001-7523-4483

**Марсиньяк Мариан**

доктор технических наук, профессор  
Национальный институт телекоммуникаций,  
отдел оптической связи, начальник отдела

Адрес: ул. Шахова, 1,  
04-894, г. Варшава, Польша

Email: M.Marciniak@il-pib.pl

**Marian Marciniak**

Grand PhD in Technical Sciences, Professor  
National Institute of Telecommunications,  
Department of Optical Telecommunications,  
Head of the Department

Address: Szachowa str., 1,  
04-894, Warsaw, Poland

Email: M.Marciniak@il-pib.pl

ORCID: 0000-0001-9494-9097

**Рябцев Виталий Николаевич**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности,  
начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: v.reabtsev@ucp.by

SPIN-код: 9218-7854

**Vitaly N. Ryabtsev**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic Safety Systems,  
Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: v.reabtsev@ucp.by

ORCID: 0000-0002-2830-591X

## DETECTORS OF IONIZING RADIATION ON THE BASE OF WAVEGUIDE RING RESONATORS WITH HYPERLINKED FLUOROPOLYMER

Goncharenko I.A., Il'yushonok A.V., Marciniak M., Reabtsev V.N.

*Purpose.* Optimization of the parameters of waveguide microring resonators in order to achieve the maximal sensitivity of optical detectors of ionizing radiation.

*Methods.* Methods of numerical calculation of the field distribution and effective index of the mode of bent slot waveguides, algorithms of calculation on the base of the method of lines.

*Findings.* The structure and operation principles of optical detector of ionizing radiation are presented. The sensor element of the detector is the microring resonator based on the slot waveguide filled with hyperlinked fluoropolymer. The optimization of the slot waveguide parameters in order to achieve the maximal detector sensitivity has been carried out. It is shown that the sensitivity of the detector on the base of microring resonator from double slot waveguides with optimized parameters and resonator radius equal to 67.8  $\mu\text{m}$  could be as high as 103.5  $\mu\text{A/kGy}$  at measuring range equal to 85 kGy and detector resolution equal to 0.2 Gy.

*Application field of research.* The results of review and analysis of the information about the methods of measurement of absorbed dose of ionizing radiation can serve as a basis for creating effective optical waveguide dosimeters with high sensitivity.

*Keywords:* microring resonator, slot waveguide, hyperlinked fluoropolymer, detector of ionizing radiation.

(The date of submitting: April 17, 2025)

### REFERENCES

1. Friebele E.J., Griscom D.L., Sigel G.H. Defect centers in a germanium-doped silica core optical fiber. *Journal of Applied Physics*, 1974. Vol. 45, No. 8. Pp. 3421–3428. DOI: 10.1063/1.1663795.
2. Friebele E.J., Gingerich M.E., Long K.J. Radiation damage of optical fiber waveguides at long wavelengths. *Applied Optics*, 1982. Vol. 21, No. 3. Pp. 547–553. DOI: 10.1364/AO.21.000547.
3. Kase K.R., Bjärngard B.E., Attix F.H. *The dosimetry of ionizing radiation*. New York: Academic Press, 1987. Vol. 2. 384 p. DOI: 10.1016/C2013-0-10940-3.
4. Andreo P., Burns D.T., Nahum A.E., Seuntjens J., Attix F.H. *Fundamentals of ionizing radiation dosimetry*. Weinheim: Wiley-VCH, 2017. 857 p. ISBN 978-3-527-40921-1.
5. Rana S., Subbaraman H., Fleming A., Kandadai N. Numerical analysis of radiation effects on fiber optic sensors. *Sensors*, 2021. Vol. 21, No. 12. Pp. 4111–4127. DOI: 10.3390/s21124111.
6. Summers G.P., Burke E.A., Shapiro P., Messenger S.R., Walters R.J. Damage correlations in semiconductors exposed to gamma, electron and proton radiations. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 1993. Vol. 40, No. 6. Pp. 1372–1379. DOI: 10.1109/23.273529.
7. Johnston A.H. Radiation effects in optoelectronic device. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2013. Vol. 60, No. 3. Pp. 2054–2073. DOI: 10.1109/TNS.2013.2259504.
8. West R.H., Dowling S. Effects related to dose deposition profiles in integrated optics structures. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 1996. Vol. 43, No. 3. Pp. 1044–1049. DOI: 10.1109/radecs.1995.509831.
9. Girard S., Baggio J., Bisutti J. 14-MeV neutron,  $\gamma$ -ray, and pulsed X-ray radiation-induced effects on multimode silica-based optical fibers. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2006. Vol. 53, No. 6. Pp. 3750–3757. DOI: 10.1109/TNS.2006.886222.
10. Berghmans F., Brichard B., Fernandez A.F., Gusarov A., Uffelen M.V., Girard S. An introduction to radiation effects on optical components and fiber optic sensors. In: *Optical Waveguide Sensing and Imaging. NATO Science for Peace and Security Series*. Springer, Netherlands, 2008. Pp. 127–165. DOI: 10.1007/978-1-4020-6952-9\_6.
11. Goncharenko I.A., Il'yushonok A.V., Ryabtsev V.N. Izmerenie pogloshchennoy dozy ioniziruyushchego izlucheniya s pomoshch'yu opticheskikh volnovodnykh kol'tsevykh rezonatorov [Measurement of absorbed dose of ionizing radiation by means of optical waveguide ring resonators]. *Journal of Civil Protection*, 2023. Vol. 7, No. 1. Pp. 5–12. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2023.7-1.5. EDN: ATBOQQ.
12. Grillanda S., Singh V., Raghunathan V., Morichetti F., Melloni A., Kimerling L., Agarwal A.M. Gamma radiation effects on silicon photonic waveguides. *Optics Letters*, 2016. Vol. 41, No. 13. Pp. 3053–3056. DOI: 10.1364/OL.41.003053.

13. Pregla R. The method of lines for the analysis of dielectric waveguide bends. *Journal of Lightwave Technology*, 1996. Vol. 14, No. 4. Pp. 634–639. DOI: 10.1109/50.491403.
14. Goncharenko I.A., Helfert S.F., Pregla R. Radiation loss and mode field distribution in curved holey fibers. *AEU – International Journal of Electronics and Communications*, 2005. Vol. 59, No. 3. Pp. 185–191. DOI: 10.1016/j.aeue.2004.11.012.
15. Goncharenko I., Marciniak M., Reabtsev V. Electric field sensing with liquid-crystal-filled slot waveguide microring resonators. *Applied Optics*, 2017. Vol. 56, No. 27. Pp. 7629–7635. DOI: 10.1364/AO.56.007629.
16. Karnutsch C., Smith C.L.C., Graham A., Tomljenovic-Hanic S., McPhedran R., Eggleton B.J. [et al.]. Temperature stabilization of optofluidic photonic crystal cavities. *Applied Physics Letters*, 2009. Vol. 94, No. 23. Article 231114. 3 p. DOI: 10.1063/1.3152998.
17. Zhao Y., Zhang Y.-N., Lv R.-Q., Li J. Electric field sensor based on photonic crystal cavity with liquid crystal infiltration. *Journal of Lightwave Technology*, 2017. Vol. 35, No. 16. Pp. 3440–3446. DOI: 10.1109/JLT.2016.2576500.

Copyright © 2025 Goncharenko I.A., Il'yushonok A.V., Marciniak M., Reabtsev V.N.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УЩЕРБА ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ОПТИМИЗАЦИИ СИЛ И СРЕДСТВ

Рыбаков А.В., Постернак Е.В.

*Цель.* Разработать единый интегрированный набор данных для прогнозирования ущерба от чрезвычайных ситуаций и последующего анализа необходимых сил и ресурсов. Сформировать комплексный подход, позволяющий преодолеть разрозненность исходных сведений об ущербе, антропогенных показателях и задействованных инженерно-технических мер (далее – ИТМ) (сил и средств).

*Методы.* В работе использовалась последовательная схема агрегирования и предварительной обработки данных из различных источников, включающая фильтрацию пропусков и унификацию форматов. Для восполнения недостающих сведений и повышения репрезентативности выборки применялись алгоритмы синтетической генерации на основе вариационных автокодировщиков, копул и генеративно-состязательных сетей. На заключительном этапе введена простая нейронная сеть, которая по известному значению ущерба дополняет отсутствующие данные о силах и средствах.

*Результаты.* Эксперименты показали, что наилучший баланс между точностью и сохранением исходного распределения признаков продемонстрировала модель CTGAN, достигшая высших показателей формы распределения столбцов и общего балла качества данных. Применение нейронного модуля с функцией активации ReLU в выходном слое позволило избежать отрицательных значений при прогнозировании сил и ресурсов. Совокупное использование синтетической генерации и нейронных предсказаний увеличило полноту итогового набора данных, сохранив статистическую согласованность признаков. Итоговый массив данных дает более детальное представление о связях между ущербом, социально-демографическими характеристиками территории и объемами ИТМ, что обеспечивает возможности для дальнейших исследований по повышению эффективности ликвидации последствий ЧС.

*Область применения исследований.* Сформированный набор данных может быть использован в качестве обучающей базы для моделей машинного обучения, ориентированных на прогнозирование материальных потерь, а также для разработки систем поддержки принятия решений при планировании и распределении ресурсов в чрезвычайных ситуациях. Результаты исследования представляют научно-практический интерес для специалистов в области управления рисками, а также для разработчиков информационных систем, интегрирующих аналитические модули по оценке ущерба и оптимизации сил и средств.

*Ключевые слова:* чрезвычайные ситуации, синтетические данные, антропогенные показатели, нейронная сеть, ущерб, силы и средства, машинное обучение.

(Поступила в редакцию 25 марта 2025 г.)

### Введение

Чрезвычайные ситуации (далее – ЧС) формируются под воздействием природных и антропогенных факторов и зачастую сопровождаются серьезными социально-экономическими последствиями. Для оценки возможного ущерба необходимо учитывать широкий круг показателей, отражающих характеристики происхождения (например, сила ЧС), социально-демографический профиль пострадавшей территории (численность и плотность населения, доля детей, пожилых, безработных), а также фактические потери (погибшие, пострадавшие, разрушения) [1]. Однако такие сведения обычно представлены в отдельных массивах, где отсутствует сквозная связь с данными о задействованных силах и используемых средствах [2].

Разрозненность исходных материалов затрудняет сопоставительный анализ и генерацию целостного набора данных, пригодного для последующего применения в задачах прогнозирования [3]. Нередко наблюдаются несоответствия во временных промежутках, форматах и классификациях, а также пропуски и дублирующие записи [4]. Отсутствие унифицированной базы с корректными значениями основных показателей не позволяет оперативно оценивать возможные масштабы ущерба и потребности в ресурсах [5]. В результате повышается риск принятия решений, основанных на неполной либо неточной информации.

Цель настоящего исследования состоит в создании интегрированного набора данных, включающего как параметры, описывающие характеристики ЧС (страна, год, сила происшествия и др.), так и социально-демографические и экономические показатели, а также сведения об ущербе, задействованных силах и средствах [5]. Сопоставление показателей масштабов трагедий и задействованных мер защиты на основе корректной аналитической базы способно существенно повысить точность прогнозов и снизить ущерб за счет более взвешенного планирования [6; 7]. Итоговый набор данных должен быть пригоден для последующего обучения и тестирования моделей машинного обучения, специализирующихся на прогнозировании ущерба и определении оптимального состава инженерно-технических мер ИТМ.

Для достижения сформулированной цели необходимо:

- систематизировать разрозненные источники, содержащие сведения о произошедших ЧС, с учетом различий в формате, глубине и качестве первичных данных;
- агрегировать ключевые параметры: сила ЧС, временные рамки, социально-демографические характеристики, фактические показатели ущерба, а также данные о применяемых силах и средствах;
- применить методы генерации синтетических данных для дополнения пропусков и увеличения репрезентативности выборки при сохранении статистических свойств исходных массивов;
- проверить согласованность, полноту и достоверность сформированного набора, используя описательные статистики и сравнение распределений признаков, чтобы обеспечить корректность будущей аналитики;
- подготовить итоговую структуру набора данных, которая позволит исследователям в дальнейшем разрабатывать и обучать различные модели прогнозирования ущерба и планирования реагирования.

Методы машинного обучения и искусственного интеллекта демонстрируют высокую эффективность, если исходные данные обладают достаточной полнотой и репрезентативностью [8]. Следовательно, создание обобщенного набора данных с включением генерированных синтетических наблюдений является востребованным условием для разработки передовых технологий анализа и предупреждения последствий ЧС. Таким образом, формирование качественной и унифицированной базы данных становится определяющим фактором успешной интеграции современных аналитических инструментов в практику управления рисками [9].

## Основная часть

**Обзор литературы.** Прогнозирование ущерба от ЧС основано на анализе разнообразных факторов, среди которых выделяют характеристики происшествия (тип, масштаб, географическое положение), социально-экономические параметры затронутой территории (численность населения, уровень экономического развития) и структуру инфраструктуры [10]. В современных исследованиях наблюдается тенденция к интеграции нескольких методологических направлений [11]:

- классические статистические методы. К ним относят регрессионные модели и временные ряды, применяемые к историческим данным для выявления закономерностей в распределении и динамике ущерба. Однако в ряде случаев они оказываются недостаточно гибкими, особенно при наличии пропусков и неоднородных признаков;
- модели машинного обучения. Сюда входят методы на основе деревьев решений (Random Forest, Gradient Boosting), нейронные сети различной архитектуры, а также байесовские модели. Их преимущество заключается в способности работать с большими массивами данных и находить нетривиальные зависимости, однако при недостатке репрезентативных наблюдений или наличии значительных пропусков результат может оказаться искаженным;
- комбинированные подходы и экспертные системы. В ряде случаев прогнозирование ущерба дополняется экспертными оценками и контекстными знаниями, особенно если фактическая база данных неполна либо фрагментирована. Данное решение повышает точность и надежность выводов, но требует согласованного подхода к верификации экспертных предположений.

Для успешного применения аналитических и прогностических методов необходима высокая степень полноты и структурированности исходных данных. При сильной неоднородности информации, а также отсутствии структуры, отражающей ключевые параметры ЧС, аналитические модели не достигают требуемого уровня точности. Поэтому возникает

потребность в формировании согласованного и насыщенного набора данных, который станет базисом для корректного применения соответствующих математических инструментов.

Синтетическая генерация данных представляет собой процесс создания искусственных наблюдений, сохраняющих статистические закономерности исходной выборки [12]. Целью данного метода является расширение существующего набора данных и восполнение пропусков без утраты основных характеристик распределения. В контексте анализа ЧС это актуально, поскольку реальные события могут встречаться относительно редко и сопровождаться частичными записями.

Обучаемые вероятностные модели используют алгоритмы, моделирующие взаимосвязь между признаками на основе подходов вроде байесовских сетей или моделей на основе копул. Например, Gaussian Copula позволяет описать совместное распределение переменных при условии некоторого набора допущений о корреляционных связях.

Генеративно-сопоставительные сети (далее – CTGAN) строятся на взаимодействии двух нейронных сетей – генератора и дискриминатора. Генератор пытается воспроизвести признаки исходных данных, а дискриминатор – различить реальные и синтетические экземпляры. Такие модели могут работать с категориальными и числовыми признаками, что делает их перспективными для задач, связанных с многокомпонентными данными по ЧС.

Готовые фреймворки, такие как Synthetic Data Vault (далее – SDV), предлагают набор алгоритмов и утилит для автоматизированной генерации синтетических данных, в том числе для сложных разнородных наборов [13].

Основная проблема при синтетической генерации состоит в контроле качества полученных выборок. Кроме проверки сохранения базовых статистик (средние значения, дисперсии, корреляции) особое внимание уделяется отсутствию копирования реальных записей. Выявить такие ошибки можно через метрики сравнения распределений или визуальный анализ многомерных проекций. Успешное применение подобных методов обеспечивает восполнение пропусков и увеличение общего объема выборки, не нарушая согласованности исходных данных.

Правильное распределение ИТМ при возникновении ЧС является ключевым условием эффективной ликвидации последствий [6]. Задача оптимизации включает выбор и расстановку персонала, техники, финансовых и материальных средств в условиях ограниченного времени и часто неполной информации. Современный подход к планированию опирается:

- на математические модели распределения ресурсов. Наиболее известны методы линейного программирования, динамического программирования и теории игр, где формализуются связи между потребностями и возможностями различных подразделений, а также учитываются эвакуационные маршруты и логистические схемы [14];
- системы поддержки принятия решений. Пакеты, основанные на экспертных правилах, моделируют вероятные сценарии развития ЧС и показывают, как корректировать набор задействованных ресурсов в зависимости от меняющихся условий. Такие системы обычно применяются в интеграции с геоинформационными системами (далее – ГИС) и другими информационными модулями;
- комбинации исторических данных и прогнозных моделей. Предполагается анализ прошлых происшествий для выявления корреляций между масштабами ЧС и необходимым объемом сил. Такая стратегия эффективна лишь при условии, что собранные данные содержат достаточное количество сопоставимых записей о ресурсах и последствиях.

Таким образом, ключевым условием для успешного моделирования и оптимизации мер реагирования становится наличие систематизированной и достоверной информации об ущербе, особенностях ЧС и антропогенных характеристиках территории. При отсутствии систематизированной информации о ранее задействованных ресурсах и полученном результате (включая потери и эффект от мер реагирования) невозможно строить надежные прогнозы и давать эффективные рекомендации. Поэтому корректное формирование набора данных, описывающих ЧС вместе с показателями ущерба и ресурсного обеспечения, служит важной предпосылкой для дальнейших исследований в области оптимизации сил и средств.

**Описание исходных данных.** Исходные сведения о последствиях ЧС представляют собой совокупность показателей, характеризующих урон, понесенный населением и объектами инфраструктуры. В большинстве случаев основное внимание уделяется величине ущерба, выраженной в финансовых единицах, а также демографическим параметрам, отражающим уязвимость территории. К числу ключевых полей относятся следующие:

- обозначение страны или региона, где произошло событие;
- календарный год (иногда указывается дата или интервал), в течение которого имело место происшествие;
- условный показатель силы ЧС;
- плотность населения в зоне воздействия;
- совокупное число жителей пострадавшей территории;
- численность или доля в общей структуре населения соответствующих возрастных групп;
- показатель безработицы или число граждан, лишенных работы в регионе;
- числовые характеристики последствий: число погибших, раненых, пострадавших (включая эвакуацию), а также оставшихся без жилья;
- итоговая оценка материального ущерба, учитывающая прямые потери и косвенные издержки.

Существенным моментом является то, что в некоторых источниках данные представлены в различных масштабах (город, провинция, страна) или используют неодинаковые критерии выделения социально уязвимых групп. Например, численное значение для пожилого населения может определяться по разным возрастным порогам, что требует согласования или нормализации при объединении.

Правильная структура такого набора данных должна обеспечивать однозначную идентификацию события, а также удобство дальнейшей интеграции с дополнительными признаками. При наличии значительных пропусков в исходных источниках возникает необходимость их логического или статистического восстановления, поскольку отсутствие ключевых переменных (например, точного числа погибших или оценки ущерба) способно существенным образом исказить будущие результаты анализа.

В задаче оценки ЧС важнейшими вспомогательными данными служат сведения об объеме ИТМ. Отсутствие информации затрудняет анализ взаимосвязи ущерба и распределения сил, поскольку невозможно напрямую сопоставить затраченные ресурсы и полученный эффект при ликвидации последствий.

Сложность создания целостного набора данных, объединяющего информацию об ущербе, демографической структуре и параметрах сил и средств, связана с несколькими факторами:

- в исходных документах могут применяться разные шкалы для оценки силы ЧС, а категории ресурсов и формирований также не всегда согласованы. Для корректного сопоставления необходима единая система кодов или механизм сопоставления, способный учесть все несоответствия;
- даже после согласования понятий часто остаются пропущенные значения, особенно если документы составлялись в условиях нехватки времени и недостаточного взаимодействия ведомств. В результате формируется явная или скрытая несбалансированность по ряду признаков: одни события представлены более детально, другие – фрагментарно;
- организации, ведающие статистикой ЧС, могут использовать собственные форматы хранения данных, не предусматривая централизованной передачи или публикации. Такая автономность затрудняет доступ и интерпретацию, а автоматическое объединение требует дополнительной валидации.

Преодоление данных трудностей требует проведения тщательной проверки качества собранной информации, унификации форматов, а при необходимости и применения статистических методов восполнения пропусков. Лишь после выстраивания единого формата данных возможен корректный переход к созданию комплексного набора данных, пригодного для решения задач прогнозирования ущерба и оптимизации объемов ИТМ.

**Методика формирования единого набора данных.** Процесс объединения разрозненных данных по ущербу, антропогенным характеристикам и сведениям об объемах ИТМ предполагает выполнение нескольких этапов:

- каждая запись о ЧС в наборе с ущербом должна быть связана с соответствующими записями о ресурсах и структуре сил, если такие записи существуют. В качестве первичных ключей обычно выступают географические признаки (страна или регион) и временные метки (год или более детальная дата). Когда точные соответствия отсутствуют, применяются эвристические методы (например, близость по дате или региону);

– выделяются единые справочники для кодирования типов ЧС ресурсов и категорий пострадавшего населения. Все поля приводятся к согласованному формату (например, единые единицы измерения ущерба, указания возраста для групп детей и пожилых);

– неисправимые записи с экстремальными либо противоречивыми значениями удаляются или корректируются, если их незначительное количество не оказывает существенного влияния на полноту. В противном случае детально анализируется первоисточник, чтобы уточнить природу расхождений;

– при наличии отсутствующих значений по отдельным демографическим или социальным признакам выполняется их аппроксимация на основе средних или медианных величин либо же применяются более сложные методы регрессии и интерполяции. Для критически важных полей, в частности ущерба или силы ЧС, допускается исключение записей с недостающими данными, если их доля мала.

Результатом агрегирования становится единый массив, где каждая строка или запись отражает конкретный случай ЧС с систематизированной информацией о месте, времени, параметрах происшествия, размере ущерба и основных социально-демографических показателях. Алгоритм объединения данных приведен на рисунке 1.

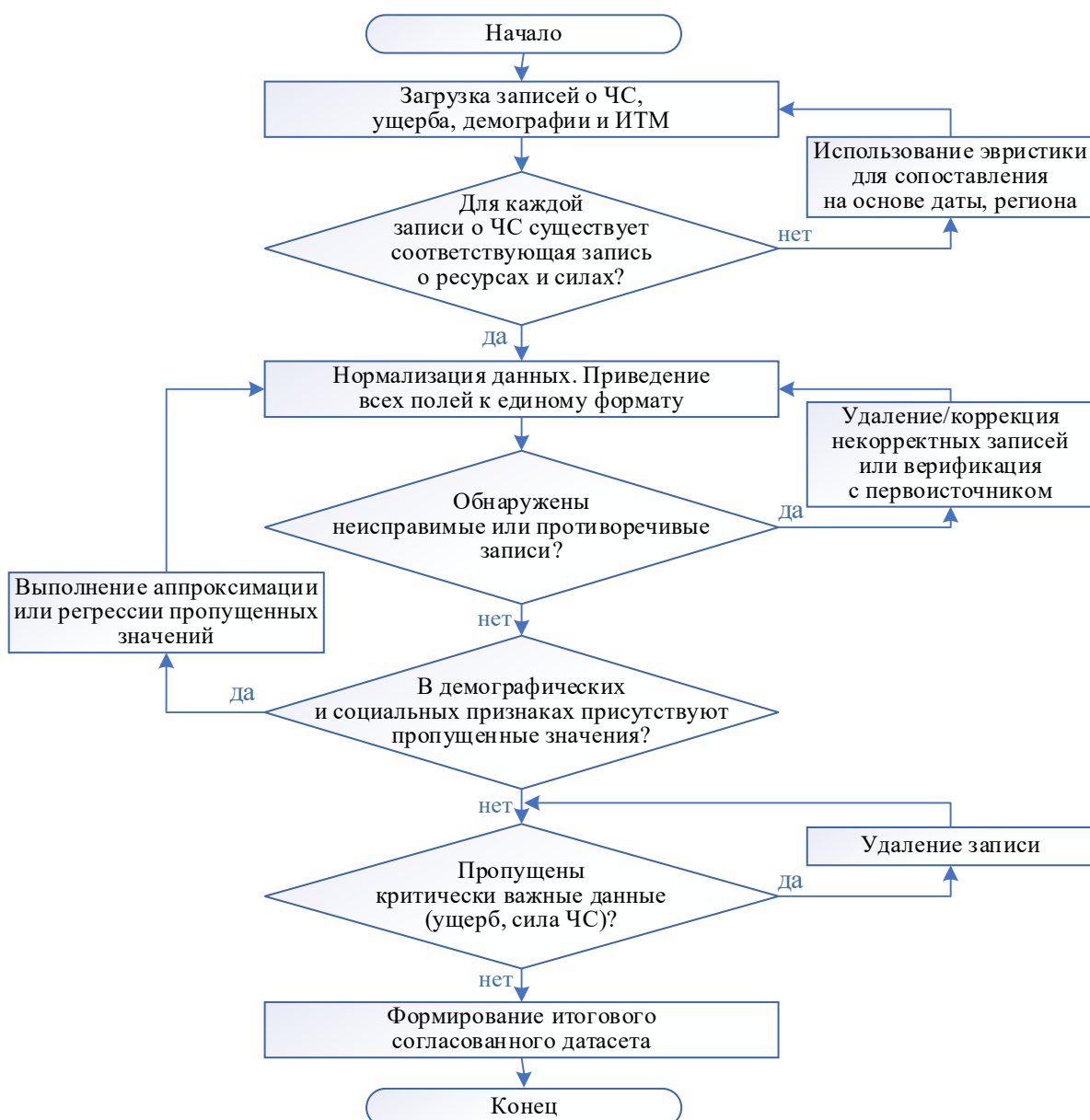


Рисунок 1. – Алгоритм объединения записей о ЧС (показатели ЧС, ущерб, антропогенные характеристики, объемы ИТМ)

При наличии существенных пробелов в реальной статистике либо при недостаточном объеме данных для корректного обучения будущих моделей прогнозирования прибегают к генерации синтетических записей [15; 16]. В настоящем исследовании для этой цели применяется пакет SDV, включающий несколько алгоритмов генерации, в том числе:

- копула модели;
- генеративные сети;
- механизмы проверки качества синтетических данных.

Алгоритм работы с SDV в задаче формирования набора данных для ЧС включает загрузку исходных таблиц, настройку выбранной модели, обучение и генерацию требуемого количества записей. Полученный синтетический массив либо объединяется с реальными данными, восполняя пропуски, либо формирует расширенную выборку для более детализированного анализа. Особое внимание уделяется проверке консистентности с точки зрения характерных интервалов и логических ограничений (например, финансовые затраты не должны быть отрицательными). Алгоритм генерации синтетических данных по ЧС приведен на рисунке 2.

Помимо синтетического восполнения пропусков по демографическим показателям и ущербу, в ряде случаев возникает потребность в уточнении или генерации данных, относящихся к силам и средствам [17]. Поскольку эти параметры часто фиксируются в неполном объеме либо представлены только для отдельных происшествий, для их корректного заполнения используется нейронная модель, обучаемая на доступных совмещенных записях [18].

В рамках данного исследования не создается модель для финального прогнозирования ущерба. Однако для оценки взаимосвязей между признаком ущерба и ИТМ можно использовать многослойный перцептрон или другой простой нейронный подход [19]. Обучение происходит на подмножестве событий, где зафиксированы достоверные данные по силам и средствам.

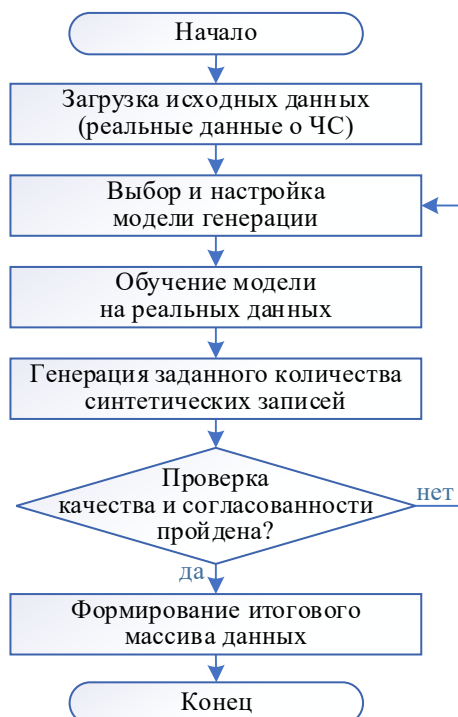


Рисунок 2. – Алгоритм генерации синтетических данных по ЧС

и предсказанные данные, что облегчает дальнейшее построение и тестирование более сложных моделей прогнозирования.

**Архитектура и реализация нейронной модели.** Формирование синтетических данных для прогнозирования ущерба от чрезвычайных ситуаций и сопутствующих показателей потребовало последовательной проверки нескольких подходов к генерации. Первоначально опробовались модели на основе вариационных автокодировщиков (далее – TVAE) и копул (далее – Gaussian Copula), а также CTGAN.

Входными признаками служат материальные показатели (плотность населения, общее число пострадавших, совокупный ущерб и т.д.), а целевыми переменными выступают числовые значения сил и ресурсов. Модель оптимизируется с помощью стандартных процедур (например, Adam), а точность оценивается на основе метрик для регрессии (MAE, RMSE) [20–22].

После достижения удовлетворительной точности на контрольной выборке модель применяется для событий, в которых поля силы и средства отсутствуют. Предсказанные значения записываются в соответствующие столбцы, формируя более полную картину о распределении необходимых мер реагирования. Алгоритм восстановления пропущенных значений по ИТМ приведен на рисунке 3.

Использование нейронного метода дополнения сил и ресурсов придает формируемому набору данных дополнительные возможности: анализ взаимосвязи между последствиями ЧС и привлеченными ресурсами становится доступным даже для тех записей, которые первоначально были неполными. В итоге получается расширенный массив, включающий как реальные, так

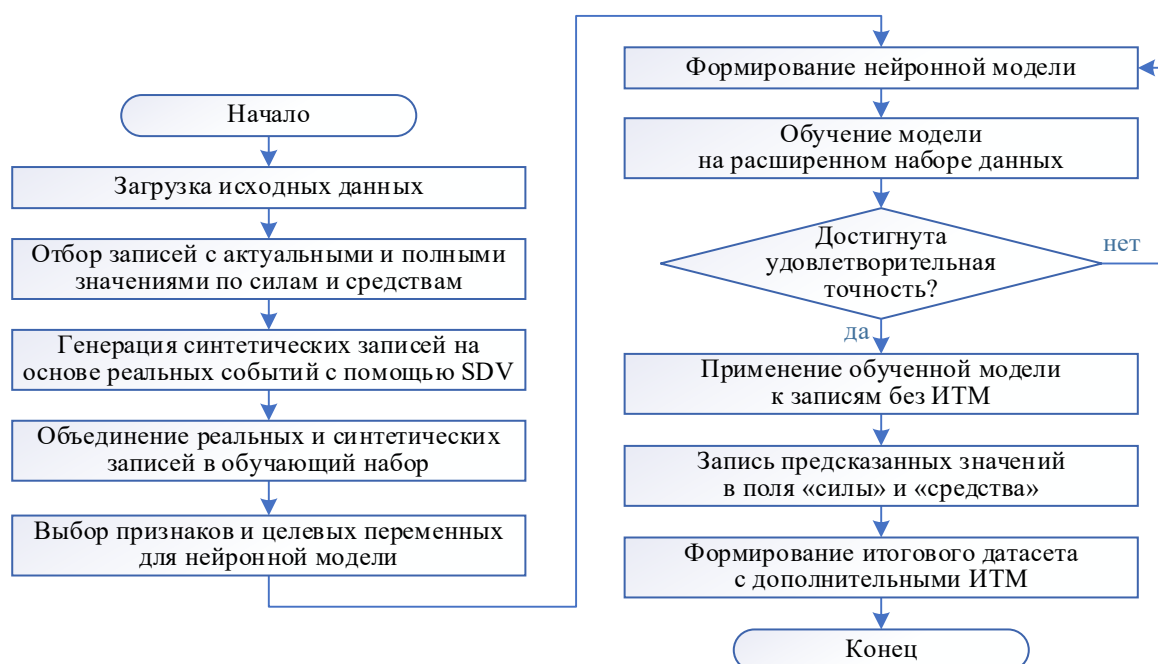


Рисунок 3. – Алгоритм восстановления пропущенных объемов ИТМ

Для работы использовались исходные данные МЧС России<sup>1</sup>, данные с ресурсов Статистической базы данных ЕЭК ООН<sup>2</sup>, данные по ЧС с ресурса «Центр исследований эпидемиологии катастроф»<sup>3</sup>:

Для оценки моделей использовались показатели:

- оценка формы распределения столбцов – сравнивает распределение каждого отдельного столбца в синтетических данных с оригинальным;
- общий балл качества данных – обобщенная оценка качества всех сгенерированных данных.

Состав набора данных для генерации синтетических данных с антропогенными показателями:

- код страны;
- сила ЧС;
- год ЧС;
- плотность населения;
- численность;
- численность детей;
- численность пожилого населения;
- процент безработицы;
- количество погибших при ЧС;
- количество раненых при ЧС;
- количество пострадавших при ЧС;
- количество людей, которые лишились жилья;
- ущерб.

Результаты экспериментов показывают, что наибольшее среднее качество продемонстрировал CTGAN с параметром эпох 4000. Данная конфигурация достигла оценки формы распределения столбцов 78,65 % и общего балла качества данных 79,58 %, что превосходит показатели альтернативных решений. Подробные результаты приведены в таблице 1.

<sup>1</sup> Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Итоги деятельности МЧС России. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii> (Дата обращения: 25.03.2025).

<sup>2</sup> Европейская экономическая комиссия ООН. Статистическая база данных ЕЭК ООН. – URL: <https://w3.unece.org/PXWeb/ru/> (Дата обращения: 25.03.2025).

<sup>3</sup> Центр исследований эпидемиологии катастроф. Международная база данных о чрезвычайных ситуациях EM-DAT. – URL: <https://www.emdat.be/> (Дата обращения: 25.03.2025).

Таблица 1. – Оценка качества моделей для генерации синтетических данных по ущербу

| Модель          | Количество эпох, шт. | Оценка формы распределения столбцов, % | Общий балл качества данных, % |
|-----------------|----------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| TVAE            | 1000                 | 53,99                                  | 46,92                         |
| TVAE            | 4000                 | 49,61                                  | 43,35                         |
| Gaussian Copula | 1000                 | 76,47                                  | 77,91                         |
| Gaussian Copula | 4000                 | 76,50                                  | 77,92                         |
| CTGAN           | 1000                 | 77,03                                  | 78,98                         |
| CTGAN           | 4000                 | 78,65                                  | 79,58                         |

Аналогичный процесс применялся к расширенному массиву, включавшему параметры ущерба, сил и средств. И в этом случае лучший результат достигался при использовании CTGAN с 4000 эпохами обучения. Благодаря таким показателям стало возможным достоверно восполнить пропущенные значения и расширить объем обучающих данных для последующего анализа. Подробные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Оценка качества моделей для генерации синтетических данных по силам и средствам

| Модель          | Количество эпох, шт. | Оценка формы распределения столбцов, % | Общий балл качества данных, % |
|-----------------|----------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| TVAE            | 4000                 | 44,76                                  | 42,11                         |
| Gaussian Copula | 4000                 | 75,23                                  | 74,22                         |
| CTGAN           | 4000                 | 88,15                                  | 90,10                         |

Дополнительно была протестирована простая нейронная модель для генерации сил и средств на основе ущерба. В качестве базовой структуры выбрано четыре полносвязных слоя, где итоговый слой формирует вектор размерности 2. Первоначально применялся линейный выходной слой, что в ряде случаев приводило к отрицательным прогнозам сил и средств. Для устранения этой проблемы итоговый слой был переведен на функцию активации ReLU, тем самым исключив некорректные отрицательные значения. Подобная корректировка структуры продемонстрировала более реалистичные оценки ресурсов, что оправдало выбранный подход.

Перед обучением синтетических моделей, а также при настройке нейронной сети для генерации показателей сил и средств исходные признаки подвергались стандартным процедурам предобработки:

- обработка пропусков и аномальных значений;
- кодирование категориальных переменных;
- нормализация числовых данных;
- разделение записей на обучающие и тестовые.

Применение указанных методов подготовки способствовало выравниванию распределения признаков и улучшило сходимость моделей. Это, в свою очередь, обеспечило более стабильные результаты на этапе синтетической генерации и при обучении нейронной сети, восстанавливающей недостающие показатели сил и средств по известному значению ущерба.

Процесс настройки синтетических генераторов включал серию экспериментов с выбором гиперпараметров:

- количество эпох варьировалось от 1000 до 4000. Оптимальным оказался верхний предел, который позволил достичь максимальных значений метрик качества;
- `batch_size` принималось равным 500 записям;
- прочие внутренние настройки (например, размер скрытого пространства или применяемый оптимизатор) подбирались автоматически согласно средствам SDV.

Следующие параметры определены для нейронной модели:

- архитектура состояла из четырех полносвязных слоев, в том числе входного, двух скрытых и выходного. Размерность скрытых слоев выбиралась в диапазоне 32–64 нейронов;
- функция активации. Первоначально последний слой имел линейную активацию, однако переход на ReLU позволил избежать отрицательных значений прогнозируемых сил и средств;
- оптимизатор Adam, показатель `learning_rate` оставался по умолчанию (0,001);
- функция потерь mse (средняя квадратичная ошибка) в сочетании с метрикой mae (средняя абсолютная ошибка) для интерпретации точности;

- количество эпох для обучения равно 500, т.к. более длинные циклы не дали существенного прироста качества;
- `batch_size` равен 8, что соответствовало относительно небольшим объемам данных и способствовало лучшей сходимости.

Итоговая схема нейронной сети для восстановления ИТМ приведена на рисунке 4.

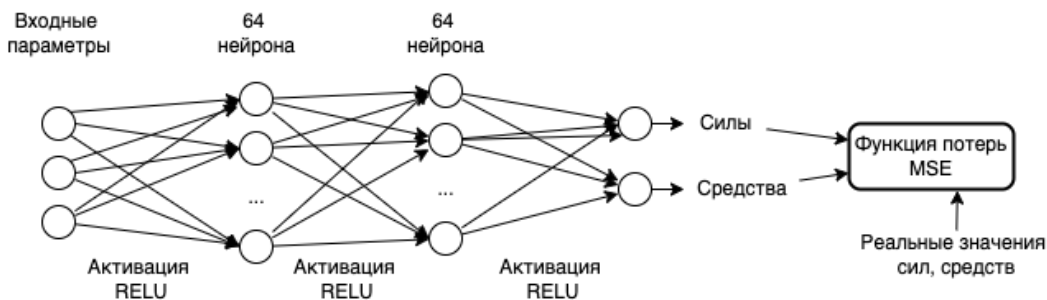


Рисунок 4. – Нейронная сеть для восстановления ИТМ

**Результаты и их обсуждение.** В ходе экспериментов по формированию синтетических данных для прогнозирования ущерба и сопутствующих показателей рассмотрено несколько подходов, основанных на различных механизмах генерации: вариационных автокодировщиках, копулах и генеративно-сопоставительных сетях. Наилучшую эффективность в целом показала модель CTGAN при 4000 эпохах обучения [23]. Достигнутая точность (79,58 % для набора с антропогенными показателями и 90,10 % для набора, включающего силы и ресурсы) свидетельствует о том, что полученные синтетические записи в наибольшей степени сохраняют статистическое распределение исходных данных и позволяют восполнить пропущенные значения без существенных искажений.

Дополнительно была реализована процедура восстановления недостающих сведений о задействованных силах и ресурсах, основанная на использовании простого нейронного регрессионного модуля. Поскольку в исходных источниках эти данные нередко отсутствовали либо имелись в фрагментарном виде, применялась следующая схема:

- входным признаком выступал показатель ущерба, а выходной слой формировал вектор из двух величин (силы и средства). Такой выбор оправдан тем, что объем постигшего регион ущерба часто прямо или косвенно коррелирует с масштабом задействованных мер реагирования;

- предварительные эксперименты с линейной активацией выявили проблему отрицательных прогнозируемых значений. Замена функции активации в выходном слое на ReLU устранила эту некорректность, обеспечив реалистичные (неотрицательные) оценки;

- для анализа используемых гиперпараметров модели и корректировки процесса обучения были применены стандартные регрессионные метрики (средняя квадратичная ошибка и средняя абсолютная ошибка). Процедура дополнительной фильтрации помогла избавиться от аномальных случаев, когда предсказанные ресурсы значительно превосходили наблюдавшийся диапазон.

Таким образом, совокупное применение CTGAN (для базового формирования синтетических данных) и нейронной сети (для дообогащения пропущенных полей) позволило создать целостный набор данных, в котором сведены воедино социально-демографические показатели, финансовые потери и необходимые ресурсы реагирования. Полученный массив данных впоследствии может стать базой для обучающих выборок в задачах прогнозирования ущерба и планирования мер по ликвидации последствий ЧС.

### Заключение

В ходе работы выполнено создание единого набора данных для дальнейшего использования в задачах прогнозирования ущерба от чрезвычайных ситуаций и сопутствующего анализа необходимых сил и средств. Были учтены особенности разрозненных исходных источников и реализованы следующие шаги:

- агрегация и предобработка фрагментированных данных, что позволило выявить пропуски, несогласованные форматы и неочевидные дубликаты;

– применение различных моделей синтетической генерации (TVAE, Gaussian Copula, CTGAN) и выбор лучшей конфигурации, обеспечивающей наивысшие показатели качества (CTGAN при 4000 эпохах);

– использование нейронной сети для восстановления или уточнения полей, связанных с силами и ресурсами, посредством регрессионных предсказаний по ущербу;

– проверка итогового набора данных с точки зрения сохранения статистических распределений и адекватности полученных значений по ключевым метрикам.

Сформированная база данных открывает перспективы для дальнейших исследований, связанных:

– с разработкой и тестированием полноценных моделей машинного обучения, способных прогнозировать ущерб по сочетанию социально-демографических, инфраструктурных и метеорологических признаков;

– оценкой эффективности планирования мероприятий по защите населения и территорий за счет выявления факторов, наиболее существенно влияющих на показатели ущерба;

– созданием комплексных систем поддержки принятия решений, учитывающих вероятностные сценарии развития ЧС и оптимизирующих распределение сил и ресурсов в условиях ограниченного времени и финансирования.

Реализация представленных подходов и методических рекомендаций будет способствовать совершенствованию управленческих практик в сфере защиты от чрезвычайных ситуаций и повышению уровня защищенности населения за счет более точной и комплексной оценки потенциальных рисков [24].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдоткин, В.П. Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: монография / В.П. Авдоткин, М.М. Дзыбов, К.П. Самсонов; МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. – 468 с. – ISBN 978-5-93970-082-5. – EDN: PXNONB.
2. Liu, J. The latest progress of data fusion for integrated disaster reduction and intelligent emergency response / J. Liu, M. Konečný, Q. Du, Sh. Xu, F. Ren, X. Che // International Journal of Image and Data Fusion. – 2021. – Vol. 12, No. 4. – P. 265–267. – DOI: 10.1080/19479832.2021.1970931.
3. Горбунов, С.В. Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / С.В. Горбунов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2011. – № 1 (1). – С. 43–53. – EDN: OJWKOF.
4. Джумакулова, К.А. Проблемы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в республике Узбекистан и пути их решений // Экономика и социум. – 2024. – № 12-1 (127). – 11 с. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-monitoringa-i-prognozirovaniya-chrezvychaynyh-situatsiy-v-respublike-uzbekistan-i-puti-ih-resheniy> (дата обращения: 24.03.2025). – EDN: OMGTEJ.
5. Noy, I. Extreme events impact attribution: A state of the art / I. Noy, D. Stone, T. Uher // Cell Reports Sustainability. – 2024. – Vol. 1, No. 5. – Article 100101. – 9 p. – DOI: 10.1016/j.crsus.2024.100101.
6. Фалеев, М.И. Глобальные климатические изменения – фактор активизации природных и антропогенных вызовов населению и окружающей среде / М.И. Фалеев, Н.А. Цыбиков, Т.И. Сидорович // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 2 (72). – С. 4–10. – DOI: 10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72.1.4. – EDN: VCELAQ.
7. Bolan, S. Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events / S. Bolan, L.P. Padhye, T. Jasemizad [et al.] // Science of The Total Environment. – 2024. – Vol. 909. – Article 168388. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168388.
8. Станкевич, Т.С. Разработка метода оперативного прогнозирования динамики развития лесного пожара посредством искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения / Т.С. Станкевич // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 9 (140). – С. 111–120. – DOI: 10.21285/1814-3520-2018-9-111-120. – EDN: YGGSLR.
9. Steinhäuser, K. Multivariate and multiscale dependence in the global climate system revealed through complex networks / K. Steinhäuser, A.R. Ganguly, N.V. Chawla // Climate Dynamics. – 2012. – Vol. 39, No. 3-4. – P. 889–895. – DOI: 10.1007/s00382-011-1135-9.
10. Шойгу, Ю.С. Прогнозирование и управление социально-психологическими рисками во время чрезвычайной ситуации / Ю.С. Шойгу, Л.Г. Пыжьянова // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2011. – № 4 – С. 76–83. – EDN: OQQWMJ.
11. Godschalk, D.R. Urban hazard mitigation: creating resilient cities / D.R. Godschalk // Natural Hazards Review. – 2003. – Vol. 4, No. 3. – P. 136–143. – DOI: 10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136).

12. Bauer, A. Comprehensive exploration of synthetic data generation: a survey / A. Bauer, S. Trapp, M. Stenger [et al.]. – arXiv, 2024. – 103 p. – (Preprint / University of Chicago, USA; University of Würzburg, Germany; University of Ulm, Germany; Argonne National Laboratory Lemont, USA; arXiv:2401.02524v2 [cs.LG]). – DOI: 10.48550/arXiv.2401.02524.
13. Zhang, K. Sequential models in the synthetic data vault / K. Zhang, N. Patki, K. Veeramachaneni. – arXiv, 2022. – 17 p. – (Preprint / The Synthetic Data Vault team; arXiv:2207.14406v1 [cs.LG]). – DOI: 10.48550/arXiv.2207.14406.
14. Бухвалов, А.В. Л.В. Канторович и экономико-математическое моделирование: синтез реальности, математики и экономики / А.В. Бухвалов // Российский журнал менеджмента. – 2012. – Т. 10, № 3. – С. 3–30. – EDN: NPVACU.
15. Москвина, Н.В. Применение искусственного интеллекта в системе-112 / Н.В. Москвина // Столыпинский вестник. – 2023. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-sisteme-112> (дата обращения: 24.03.2025). – EDN: ERLYGT.
16. Li, Z. Machine Learning seismic wave discrimination: application to earthquake early warning / Z. Li, M.-A. Meier, E. Hauksson, Z. Zhan, J. Andrews // Geophysical Research Letters. – 2018. – Vol. 45, No. 10. – P. 4773–4779. – DOI: 10.1029/2018GL077870.
17. Ковзель, А.А. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций с применением нейросетевых технологий / А.А. Ковзель // Научный Лидер. – 2021. – № 11 (13). – С. 43–45. – URL: <https://scilead.ru/article/183-prognozirovanie-posledstvij-chrezvichajnykh-si> (дата обращения: 24.03.2025). – EDN: GOWGOZ.
18. Рыбаков, А. Нейронные сети для защиты населения и территорий от ЧС / А. Рыбаков, Е. Иванов, В. Нестеров // Системы безопасности. – 2021. – URL: <https://www.secuteck.ru/articles/nejronnye-seti-dlya-zashchity-naseleniya-i-territorij-ot-chs> (Дата обращения: 25.03.2025).
19. Суханова, Н.В. Разработка нейросетевой модели для прогнозирования вероятности землетрясений / Н.В. Суханова // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2023. – № 2 (20). – С. 40–49. – DOI: 10.30987/2658-6436-2023-2-40-49. – EDN: EDIMKN.
20. Hyndman, R.J. Another look at measures of forecast accuracy / R.J. Hyndman, A.B. Koehler // International Journal of Forecasting. – 2006. – Vol. 22, No. 4. – P. 679–688. – DOI: 10.1016/j.ijforecast.2006.03.001.
21. Chai, T. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature / T. Chai, R.R. Draxler // Geoscientific Model Development. – 2014. – Vol. 7, No. 3. – P. 1247–1250. – DOI: 10.5194/gmd-7-1247-2014.
22. Willmott, C.J. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance / C.J. Willmott, K. Matsuura // Climate Research. – 2005. – Vol. 30, No. 1. – P. 79–82. – DOI: 10.3354/cr030079.
23. Пчелинцев, С. Метод создания синтетических наборов данных для обучения нейросетевых моделей распознаванию объектов / С. Пчелинцев, М. А. Юляшков, О. А. Ковалева // Информационно-управляющие системы. – 2022. – № 3 (118). – С. 9–19. – DOI: 10.31799/1684-8853-2022-3-9-19. – EDN: LBEAQQ.
24. Рыбаков, А.В. Анализ проблемной ситуации в области обоснования объемов инженерно-технических мероприятий при прогнозировании ущерба от природных чрезвычайных ситуаций с учетом антропогенных факторов / А.В. Рыбаков, Е.В. Постернак // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4 (63). – С. 72–83. – EDN: BJANZK.

**Комплексный подход к формированию набора данных для прогнозирования ущерба от чрезвычайных ситуаций и оптимизации сил и средств**

**A comprehensive approach to forming a dataset for forecasting emergency situations damage and optimizing forces and means**

---

***Рыбаков Анатолий Валерьевич***

доктор технических наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», факультет комплексной безопасности и основ военной подготовки, кафедра высшей математики, профессор

Адрес: ул. Соколовская, 1А,  
141435, мкр. Новогорск,  
г. Химки, Московская обл., Россия  
Email: a.rybakov@agz.50.mhs.gov.ru  
SPIN-код: 8654-3788

***Anatoliy V. Rybakov***

Grand PhD in Technical Sciences, Professor  
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Civil Defense Academy of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Faculty of Comprehensive Safety and Basics of Military Training, Chair of Higher Mathematics, Professor

Address: Sokolovskaya str., 1A,  
141435, Novogorsk microdistrict,  
Khimki, Moscow region, Russia  
Email: a.rybakov@agz.50.mhs.gov.ru  
ORCID: 0000-0002-4037-1231

---

***Постернак Евгений Валерьевич***

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный социальный университет», факультет комплексной безопасности и основ военной подготовки, кафедра экологии и природоохранной деятельности, аспирант

Адрес: ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1,  
129226, г. Москва, Россия  
Email: kripsy93@yandex.ru  
SPIN-код: 7581-4305

***Evgeniy V. Posternak***

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Russian State Social University», Faculty of Comprehensive Safety and Basics of Military Training, Chair of Ecology and Environmental Protection Activities, postgraduate student

Address: Wilhelm Pieck str., 4, building 1,  
220118, Moscow, Russia  
Email: kripsy93@yandex.ru  
ORCID: 0009-0003-9732-4449

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.310>

EDN: <https://elibrary.ru/IZBREF>

## A COMPREHENSIVE APPROACH TO FORMING A DATASET FOR FORECASTING EMERGENCY SITUATIONS DAMAGE AND OPTIMIZING FORCES AND MEANS

Rybakov A.V., Posternak E.V.

*Purpose.* To develop a unified, integrated dataset for forecasting damage from emergency situations and for subsequent analysis of the necessary forces and resources. A comprehensive approach is formulated to overcome the fragmentation of initial data on damage, anthropogenic indicators, and deployed engineering and technical measures (forces and means).

*Methods.* The study employed a sequential scheme for aggregating and preprocessing data from various sources, including filtering out missing values and unifying formats. To fill data gaps and increase sample representativeness, synthetic generation algorithms based on variational autoencoders, copulas, and generative adversarial networks were applied. In the final stage, a simple neural network was introduced, which uses the known damage value to supplement missing information on forces and means.

*Findings.* Experiments demonstrated that the CTGAN model achieved the best balance between accuracy and preservation of the original feature distribution, attaining the highest column shape scores and overall quality metrics. The application of a neural module with a ReLU activation function in the output layer prevented negative values when predicting forces and resources. The combined use of synthetic generation and neural predictions enhanced the completeness of the final dataset while maintaining statistical consistency among features. As a result, the dataset provides more detailed insights into the relationships between damage, socio-demographic characteristics of the affected area, and the scope of deployed engineering and technical measures, thus enabling further research aimed at improving the efficiency of disaster response.

*Application field of research.* The resulting dataset can be utilized as a training base for machine learning models focused on predicting material losses, as well as for developing decision support systems for planning and allocating resources in emergency situations. The study findings are of scientific and practical interest to risk management professionals and to developers of information systems that incorporate analytical modules for damage assessment and optimization of forces and means.

*Keywords:* emergencies, synthetic data, anthropogenic indicators, neural network, damage, forces and means, machine learning.

(The date of submitting: March 25, 2025)

### REFERENCES

1. Avdot'in V.P., Dzybov M.M., Samsonov K.P. Otsenka ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy prirodno i tekhnogennogo kharaktera: monografiya [Damage assessment from natural and technogenic emergencies]: monograph; EMERCOM of Russia. Moscow, FGBU VNII GOChS (FC), 2012. 468 p. (rus). ISBN 978-5-93970-082-5. EDN: PXNONB.
2. Liu J., Konečný M., Du Q., Xu Sh., Ren F., Che X. The latest progress of data fusion for integrated disaster reduction intelligence service. *International Journal of Image and Data Fusion*, 2021. Vol. 12, No. 4. Pp. 265–267. DOI: 10.1080/19479832.2021.1970931.
3. Gorbunov S.V., Makiev Yu.D., Malyshev V.P. Analiz tekhnologiy prognozirovaniya chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera [Analysis of forecasting technologies of natural and man-made emergencies]. *Civil Protection Strategy: Issues & Research*, 2011. No. 1 (1). Pp 43–53. (rus). EDN: OJWKOF.
4. Dzhumakulova K.A. Problemy monitoringa i prognozirovaniya chrezvychaynykh situatsiy v respublike Uzbekistan i puti ikh resheniy [Problems of emergency monitoring and forecasting of the Republic of Uzbekistan and solutions]. *Economy and Society*, 2024. No. 12-1 (127). 11 p. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-monitoringa-i-prognozirovaniya-chrezvychaynykh-situatsiy-v-respublike-uzbekistan-i-puti-ih-resheniy> (accessed: March 24, 2025). (rus). EDN: OMGTEJ.
5. Noy I., Stone D., Uher T. Extreme events impact attribution: A state of the art. *Cell Reports Sustainability*, 2024. Vol. 1, No. 5. Article 100101. 9 p. DOI: 10.1016/j.crsus.2024.100101.
6. Faleev M.I., Tsybikov N.A., Sidorovich T.I. Global'nye klimaticheskie izmeneniya – faktor aktivizatsii prirodnikh i antropogennykh vyzovov naseleniyu i okruzhayushchey srede [Global climate change as a factor of natural and anthropogenic challenges activation to the population and the environment]. *Civil Security Technology*, 2022. Vol. 19, No. 2 (72). Pp. 4–10. (rus). DOI: 10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72.1.4. EDN: VCELAQ.

7. Bolan S., Padhye L.P., Jasemizad T., Govarathanan M., Karmegam N., Wijesekara H., Amarasiri D., Hou D., Zhou P., Biswal B.K., Balasubramanian R., Wang H., Siddique K., Rinklebe J., Kirkham M.B., Bolan N. Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of The Total Environment*, 2024. Vol. 909. Article 168388. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168388.
8. Stankevich T.S. Razrabotka metoda operativnogo prognozirovaniya dinamiki razvitiya lesnogo pozhara posredstvom iskusstvennogo intellekta i glubokogo mashinnogo obucheniya [Development of operational prediction method of forest fire dynamics based on artificial intelligence and deep machine learning]. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2018. Vol. 22, No. 9 (140). Pp. 111–120. (rus). DOI: 10.21285/1814-3520-2018-9-111-120. EDN: YGGSLR.
9. Steinhäuser K., Ganguly A.R., Chawla N.V. Multivariate and multiscale dependence in the global climate system revealed through complex networks. *Climate Dynamics*, 2012. Vol. 39, No. 3-4. Pp. 889–895. DOI: 10.1007/s00382-011-1135-9.
10. Shoygu Yu.S., Pyzh'yanova L.G. Prognozirovaniye i upravleniye sotsial'no-psikhologicheskimi riskami vo vremya chrezvychaynoy situatsii [Foreseeing and managing social and psychological risks during an emergency situation]. *Moscow University Bulletin. Series 14. Psychology*, 2011. No. 4. Pp. 76–83. (rus). EDN: OQQWMJ.
11. Godschalk D.R. Urban hazard mitigation: creating resilient cities. *Natural Hazards Review*, 2003. Vol. 4, No. 3. Pp. 136–143. DOI: 10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136).
12. Bauer A., Trapp S., Stenger M., Leppich R., Kounev S., Leznik M., Chard K., Foster I. *Comprehensive exploration of synthetic data generation: a survey*. arXiv, 2024. 103 p. Preprint arXiv:2401.02524v2 [cs.LG]. DOI: 10.48550/arXiv.2401.02524.
13. Zhang K., Patki N., Veeramachaneni K. *Sequential models in the synthetic data vault*. arXiv, 2022. 17 p. Preprint arXiv:2207.14406v1 [cs.LG]. DOI: 10.48550/arXiv.2207.14406.
14. Bukhvalov A.V. L.V. Kantorovich i ekonomiko-matematicheskoe modelirovaniye: sintez real'nosti, matematiki i ekonomiki [L.V. Kantorovich and economic-mathematical modeling: synthesis of reality, mathematics, and economics]. *Russian Management Journal*, 2012. Vol. 10, No. 3. Pp. 3–30. (rus). EDN: NPVACU.
15. Moskvina N.V. Primeneniye iskusstvennogo intellekta v sisteme-112 [Application of artificial intelligence in the system-112]. *Stolypin Bulletin*, 2023. No. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-iskusstvennogo-intellekta-v-sisteme-112> (accessed: March 24, 2025). (rus). EDN: ERLYGT.
16. Li Z., Meier M.-A., Hauksson E., Zhan Z., Andrews J. Machine learning seismic wave discrimination: application to earthquake early warning. *Geophysical Research Letters*, 2018. Vol. 45, No. 10. Pp. 4773–4779. DOI: 10.1029/2018GL077870.
17. Kovzel' A.A. Prognozirovaniye posledstviy chrezvychaynykh situatsiy s primeneniem neyrosetevykh tekhnologiy [Forecasting the consequences of emergencies using neural network technologies]. *Nauchnyy Lider*, 2021. No. 11 (13). Available at: <https://scilead.ru/article/183-prognozirovaniye-posledstviy-chrezvichajnykh-si> (accessed: March 24, 2025). (rus). EDN: GOWGOZ.
18. Rybakov A., Ivanov E., Nesterov V. Neyronnye seti dlya zashchity naseleniya i territoriy ot ChS [Neural networks for protection of the population and territories from emergencies]. *Sistemy bezopasnosti*, 2021. Available at: <https://www.secuteck.ru/articles/nejronnye-seti-dlya-zashchity-naseleniya-i-territorij-ot-chs> (accessed: March 25, 2025). (rus)
19. Sukhanova N.V. Razrabotka neyrosetevoy modeli dlya prognozirovaniya veroyatnosti zemletryaseniya [Developing a neural network model for predicting the probability of earthquakes]. *Automation and Modeling in Design and Management*, 2023. No. 2 (20). Pp. 40–49. (rus). DOI: 10.30987/2658-6436-2023-2-40-49. EDN: EDIMKN.
20. Hyndman R.J., Koehler A.B. Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 2006. Vol. 22, No. 4. Pp. 679–688. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2006.03.001.
21. Chai T., Draxler R.R. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 2014. Vol. 7, No. 3. Pp. 1247–1250. DOI: 10.5194/gmd-7-1247-2014.
22. Willmott C.J., Matsuura K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 2005. Vol. 30, No. 1. P. 79–82. DOI: 10.3354/cr030079.
23. Pchelintsev S., Yulyashkov M. A., Kovaleva O. A. Metod sozdaniya sinteticheskikh naborov dannykh dlya obucheniya neyrosetevykh modeley raspoznavaniyu ob"ektov [Method for creating synthetic data sets for training neural network models for object recognition]. *Information and Control Systems*, 2022. No. 3 (118). (rus). DOI: 10.31799/1684-8853-2022-3-9-19. EDN: LBEAQQ.

24. Rybakov A.V., Posternak E.V. Analiz problemnoy situatsii v oblasti obosnovaniya ob"emov inzhenerno-tekhnicheskikh meropriyatiy pri prognozirovanii ushcherba ot prirodnykh chrezvychaynykh situatsiy s uchetom antropogennykh faktorov [Analysis of the problematic situation in the optimization of engineering and technical measures when forecasting damage from natural emergencies, taking into account anthropogenic factors]. *Scientific & Educational Problems of the Civil Protection*, 2024. No. 4 (63). Pp. 72–83. (rus). EDN: BJANZK.

Copyright © 2025 Rybakov A.V., Posternak E.V.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ОЦЕНКИ

Закалинская К.В., Суриков А.В., Зайнудинова Н.В.

*Цель.* Разработать мобильное приложение для обучения безопасности жизнедеятельности детей младшего школьного возраста и провести оценку его эффективности при внедрении в образовательный процесс.

*Методы.* Общая методология работы предусматривала использование сравнительного педагогического эксперимента и социологического метода получения информации. Приложение разработано с использованием кроссплатформенной среды разработки Unity 6 и языка программирования C#.

*Результаты.* Разработано мобильное приложение, предназначенное для формирования культуры безопасности жизнедеятельности у детей младшего школьного возраста. Представлены результаты исследования эффективности использования нового электронного средства обучения в образовательном процессе. Изучено мнение детей и их родителей об использовании разработанного приложения.

*Область применения исследований.* Полученные результаты исследований могут быть применены при проектировании и создании электронных средств обучения детей младшего школьного возраста вопросам безопасности жизнедеятельности.

*Ключевые слова:* мобильное приложение, безопасность жизнедеятельности, дети младшего школьного возраста, образовательная игра, эффективность, экспериментальное исследование.

(Поступила в редакцию 5 июня 2025 г.)

### Введение

Проблема обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, в том числе детей, остается одной из наиболее актуальных задач современности. Анализ статистических данных [1] свидетельствует о сохраняющейся уязвимости детей младшего школьного возраста к угрозам, связанным с пожарами и несчастными случаями на воде. Значительная доля трагических происшествий обусловлена так называемым человеческим фактором, включающим отсутствие должного контроля со стороны взрослых и недостаточную осведомленность самих детей о правилах безопасного поведения.

Традиционные методы обучения основам безопасности, безусловно, эффективны, однако реалии современного мира, в котором дети с раннего возраста интегрированы в цифровую среду, требуют поиска новых, креативных подходов. Учет психолого-педагогических особенностей детей поколения Альфа, их предпочтения к визуализированной, интерактивной информации, а также особенности восприятия и обработки данных [1] обуславливают необходимость разработки новых современных электронных образовательных средств.

Настоящая работа посвящена разработке мобильного приложения как электронного средства обучения безопасности жизнедеятельности и проведению оценки его эффективности при внедрении в образовательный процесс.

### Основная часть

**Особенности разработки электронного средства обучения.** При проектировании электронного средства обучения (далее – мобильное приложение) учитывались актуальные научные представления о психолого-педагогических особенностях детей младшего школьного возраста (поколение Альфа) и потенциале геймификации в образовании [1]. Особое внимание уделялось необходимости создания интерактивного, визуально привлекательного контента, способного удерживать внимание ребенка и способствовать глубокому усвоению материала.

За основу концепции мобильного приложения был взят образовательный квест – формат, зарекомендовавший себя как эффективный инструмент в обучении безопасности жизнедеятельности, в том числе в деятельности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям (далее – ОПЧС). Для развития ценностно-смыслового компонента в качестве действующих персонажей приняты анимированные герои мультипликационного сериала

«Спецотряд 112». Указанные герои обладают характерными признаками, необходимыми для создания образовательного контента для детей младшего школьного возраста: яркие, эмоциональные, хорошо узнаваемые детьми персонажи.

Содержание приложения основано на анализе статистических данных о наиболее частых причинах гибели детей младшего школьного возраста от пожаров и на воде, в него включены образовательные блоки, посвященные вызову службы спасения, правилам поведения при пожаре (в квартире, в лесу), безопасности на воде (в летний и зимний периоды) и выбору безопасных мест для игр. При этом акцент сделан на наиболее проблемных аспектах согласно статистике [1] (например, последовательность действий при пожаре, безопасность надувных плавательных средств и т.д.).

Для формирования учебно-познавательной компетентности детей использовались разнообразные игровые механики, интегрированные в квест:

- задания на логику и внимание (например, поиск отличий, сопоставление пар изображений), способствующие развитию когнитивного компонента;
- задания на последовательность действий (например, порядок действий при пожаре), направленные на формирование операционно-деятельностного компонента;
- викторины с одиночным выбором, позволяющие закрепить базовые знания;
- игры, развивающие мелкую моторику и координацию движений (например, drag-and-drop и др.).

Интерфейс приложения разработан интуитивно понятным для младших школьников, с соблюдением баланса графической и текстовой информации. Взаимодействие с персонажами осуществляется через яркие, эмоциональные диалоги и реплики, озвученные с использованием технологий синтеза речи, близкой к голосам героев мультфильма и диспетчера МЧС. Для поддержания мотивации внедрена система поощрений – получение виртуального диплома за успешное прохождение миссии.

Блок-схема функционирования разработанного мобильного приложения приведена на рисунке 1.

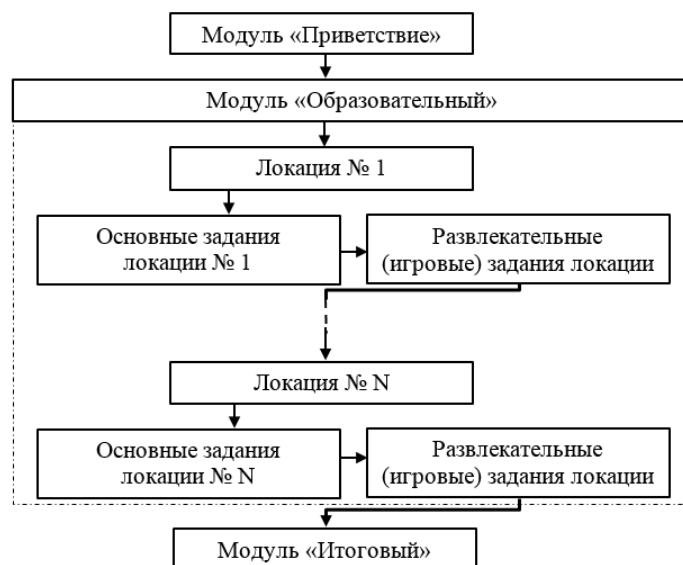


Рисунок 1. – Блок-схема функционирования разработанного мобильного приложения

Модуль «Приветствие» представляет собой анимированный видеоряд, в котором участник знакомится с героями игры. Дизайн и сценарий данного модуля способствуют максимально быстрому погружению участника игры в образовательную среду путем наглядного изображения действующих персонажей и соответствующего музыкального сопровождения, позволяющего однозначно идентифицировать тематику образовательного продукта.

Вторым этапом модуля предусмотрено закрепление знаний ребенка о действующих персонажах игры. Реализация данного этапа предусматривает игру по определению имен анимированных героев. Перед каждой игрой предусмотрено анимационное обучение по правилам ее прохождения, тем самым пользователь знакомится с интерфейсом приложения на заданной локации.

При проектировании взаимодействия с персонажами в сценарии квеста учтена необходимость использования выражений, направленных на мотивацию детей. Используемая терминология максимально адаптирована под целевую аудиторию. Для привлечения внимания и повышения доступности восприятия информации предусмотрена визуализация персонажа, который произносит реплику.

Содержание заданий, а также мотивационные слова поддержки участника квеста представлены в текстовом формате и синхронизированы с соответствующим аудиорядом.

Содержание модуля «Образовательный» распределено по ряду локаций, которые соответствуют образовательным блокам, описанным выше. При этом акцент при формировании содержания изучаемых вопросов сделан на базовые знания детей в области безопасности жизнедеятельности (номерах телефонов службы спасения, правильности передаваемого сообщения диспетчерской службе МЧС, последовательности действий в случае возникновения пожара в жилом помещении, правилах поведения на воде и т.д.).

В квесте не предусмотрен переход на новую локацию, пока участник не выберет правильный вариант ответа, что предполагает закрепление у него правильных знаний.

Для дополнительного повышения мотивации детей помимо мотивирующих реплик анимированных персонажей предусмотрено поощрение участника за верно пройденные задания по окончании квеста (модуль «Итоговый»).

Для повышения информированности родителей и детей о деятельности образовательных центров МЧС в приложении предусмотрен ряд соответствующих заданий.

**Техническая реализация мобильного приложения.** Приложение разработано как 2D-игра для мобильных устройств на платформе Android (версии 8.0 и выше) с использованием кроссплатформенной среды разработки Unity 6 и языка программирования C#. Выбор данных инструментов обусловлен их широкими возможностями для создания интерактивных приложений с качественной графикой и анимацией, а также эффективной оптимизацией под мобильные платформы.

Для обеспечения стабильной работы на целевых устройствах проводилась оптимизация графического и звукового контента. Использовались техники, такие как Sprite Packer для графики, компрессия текстур (ETC2) и динамическая подгрузка ресурсов (Addressables) для управления памятью, а также LWRP (Lightweight Render Pipeline) для снижения нагрузки на графический процессор (GPU). Аудиодорожки обрабатывались с применением нейронных сетей и специализированного программного обеспечения для улучшения качества и оптимизации размера файлов.

Архитектура приложения предусматривает сценарный менеджер для управления логикой квеста, переключения между сценами и сохранения прогресса игрока (с использованием ScriptableObject). Реализована адаптация интерфейса под различные разрешения экранов с помощью Canvas Scaler и Sprite Atlas.

**Методика и результаты экспериментальной оценки.** В качестве основы методики оценки эффективности применения разработанного мобильного приложения в настоящей работе был принят сравнительный педагогический эксперимент по аналогии с работой [2]. Обработка результатов эксперимента проводилась с использованием стандартных статистических методов, применяемых к результатам педагогического эксперимента, что дало возможность объективно установить степень сходства и различия исследуемых объектов на основании результатов измерений их показателей [3; 4].

В экспериментальных исследованиях проверке подлежала выдвинутая рабочая гипотеза, в частности, возможность повышения качества обучения детей младшего школьного возраста с использованием разработанного мобильного приложения. Исследование проводилось в рамках обучающего мероприятия по вопросам безопасности жизнедеятельности с учащимися четвертых классов ГУО «Гимназия № 5 имени встречи героев на Эльбе г. Минска».

Для обеспечения возможности сравнения результатов педагогического эксперимента дети были разделены на экспериментальную ( $G_3$ ) и контрольную ( $G_k$ ) группы по 28 человек в каждой. Для получения точной картины сформированного уровня знаний до и после эксперимента проводилась начальная (входная) и итоговая (выходная) оценка их уровня знаний. Оценка проводилась в форме тестирования. При этом на первом этапе исследования тестовые задания в обеих группах не отличались, а при последующем (контрольной оценке уровня знаний) для экспериментальной группы были добавлены 3 вопроса, направленные на изучение мнения детей о предложенном им мобильном приложении.

Первый этап исследования включал выбор и выравнивание контрольной и экспериментальной групп на основе анализа результатов входного тестирования по вопросам, сформированным исходя из учебного материала, изученного школьниками в ходе дисциплины «Основы безопасности жизнедеятельности». Результаты входного тестирования уровня знаний приведены в таблице 1. Уровень знаний представлен в следующей порядковой шкале: «низкий» (0–59 % правильных ответов на тестовые задания), «средний» (60–79 % правильных ответов) и «высокий» (>80 % правильных ответов).

**Таблица 1. – Результаты измерений уровня знаний в контрольной и экспериментальной группах до эксперимента**

| Уровень знаний | Контрольная группа $G_k$ , человек | Экспериментальная группа $G_z$ , человек |
|----------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| Низкий         | 2                                  | 2                                        |
| Средний        | 15                                 | 10                                       |
| Высокий        | 11                                 | 16                                       |

Проверка однородности групп осуществлялась с использованием критерия Крамера – Уэлча [3]. В данном случае было выдвинуто две гипотезы:

– нулевая гипотеза  $H_0$ , согласно которой различия уровня знаний учащихся недостаточно значительны и поэтому распределение оценок относится к одной генеральной совокупности, т.е. выборка произведена правильно;

– альтернативная гипотеза  $H_1$ , согласно которой различия между обоими распределениями достаточно значительны и связаны с малым объемом выборки.

Критерий Крамера – Уэлча  $T_{эмп}$  рассчитывался по формуле:

$$T_{эмп} = \frac{\sqrt{mn}|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{mD_x + nD_y}}, \quad (1)$$

где  $m$  и  $n$  – объемы выборок в контрольной и экспериментальной группах соответственно;

$\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние значения доли правильных ответов (в процентах) в контрольной и экспериментальной группах соответственно, %;

$D_x$  и  $D_y$  – исправленные выборочные дисперсии этих выборок,  $D_x = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2$  ( $D_y$  определяли аналогично);

$x_i$  – доля правильных ответов (в процентах)  $i$ -го учащегося контрольной группы.

Результаты анализа уровня знаний, определенного по результатам входного тестирования, и статистической обработки полученных данных приведены в таблице 2.

**Таблица 2. – Результаты входного тестирования и статистической обработки данных**

| Параметр                                                 | Контрольная группа $G_k$ | Экспериментальная группа $G_z$ |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Средние значения количества правильных ответов, %        | 77                       | 79                             |
| Исправленная выборочная дисперсия                        | 94                       | 83                             |
| Уровень достоверности                                    | 0,05                     |                                |
| Расчетное значение критерия Крамера – Уэлча $T_{эмп}$    | 1,02                     |                                |
| Критическое значение критерия Крамера – Уэлча $T_{0,05}$ | 1,96                     |                                |

Так как критическое значение критерия Крамера – Уэлча  $T_{0,05}$  больше, чем рассчитанное  $T_{эмп}$ , был сделан вывод, что нулевая гипотеза принимается и обе выборки относятся к одной генеральной совокупности, т.е. они однородны с вероятностью 0,95.

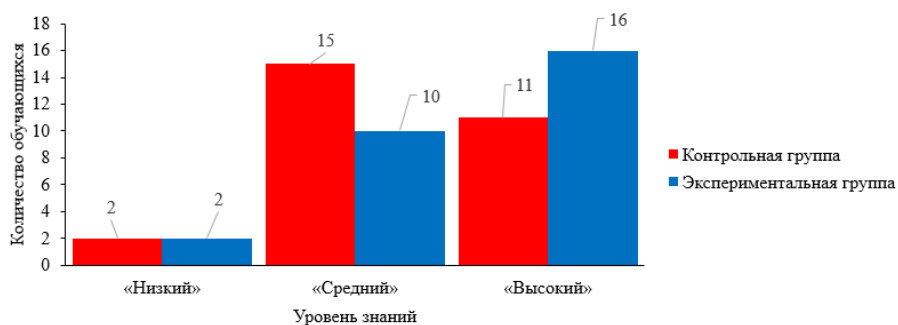
В качестве варьируемого условия эксперимента рассматривалось применение в процессе обучения в экспериментальной группе мобильного приложения, тогда как в контрольной группе последнее не применялось.

В качестве неварьируемого условия проведения эксперимента было принято то, что занятия проводились под руководством одного работника ОПЧС в аудитории как с контрольной группой, так и с экспериментальной.

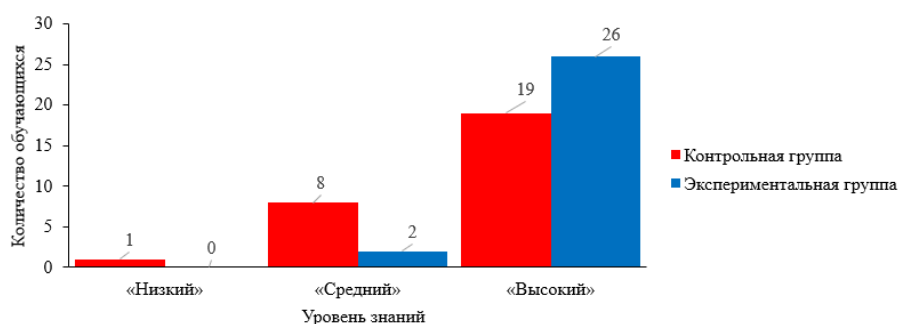
В ходе второго этапа проводились занятия, во время которых процесс обучения дифференцировался за счет применения различных средств обучения. В контрольной группе занятие проводилось с применением традиционных образовательных технологий (рассказ,

обсуждение проблемных ситуаций), в экспериментальной группе – с применением разработанного мобильного приложения. Содержательный компонент в контрольной группе соответствовал содержанию образовательных вопросов, предусмотренных в разработанном электронном квесте.

Третий этап включал контроль уровня знаний обучающихся в форме выходного тестирования. Сравнение результатов измерений уровня знаний приведено на рисунке 2. В ходе данного этапа проводилась проверка достоверности полученных результатов с использованием критерия Крамера – Уэлча, аналогично первому этапу.



а – до проведения экспериментальных исследований



б – после проведения экспериментальных исследований

Рисунок 2. – Результаты измерений уровня знаний

В данном случае было выдвинуто две гипотезы:

- нулевая гипотеза  $H_0$ , согласно которой различия уровня знаний учащихся недостаточно значительны, поэтому на увеличение разницы среднего балла оценки знаний не оказало влияние введение независимой переменной (мобильного приложения);
- альтернативная гипотеза  $H_1$ , согласно которой увеличение разницы среднего балла оценки знаний достаточно значительно и связано с влиянием введения независимой переменной.

Результаты анализа уровня знаний, определенного по результатам выходного тестирования, и статистической обработки полученных данных приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Результаты выходного тестирования и статистической обработки данных

| Параметр                                                     | Контрольная группа $G_k$ | Экспериментальная группа $G_{\text{э}}$ |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| Средние значения количества правильных ответов, %            | 84                       | 93                                      |
| Исправленная выборочная дисперсия                            | 132                      | 36                                      |
| Уровень достоверности                                        | 0,05                     |                                         |
| Расчетное значение критерия Крамера – Уэлча $T_{\text{эмп}}$ | 3,96                     |                                         |
| Критическое значение критерия Крамера – Уэлча $T_{0,05}$     | 1,96                     |                                         |

Так как критическое значение критерия Крамера – Уэлча  $T_{0,05}$  меньше, чем рассчитанное  $T_{\text{эмп}}$ , был сделан вывод, что нулевая гипотеза отвергается и увеличение разницы среднего балла оценки знаний связано с влиянием применения разработанного в настоящей работе мобильного приложения. Следовательно, достоверность различий характеристик контрольной и экспериментальной групп после окончания эксперимента составляет 95 %.

Сведения о результатах оценки знаний обучающихся контрольной и экспериментальной групп, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований, в разрезе изучения отдельных блоков образовательных вопросов приведены на рисунке 3.

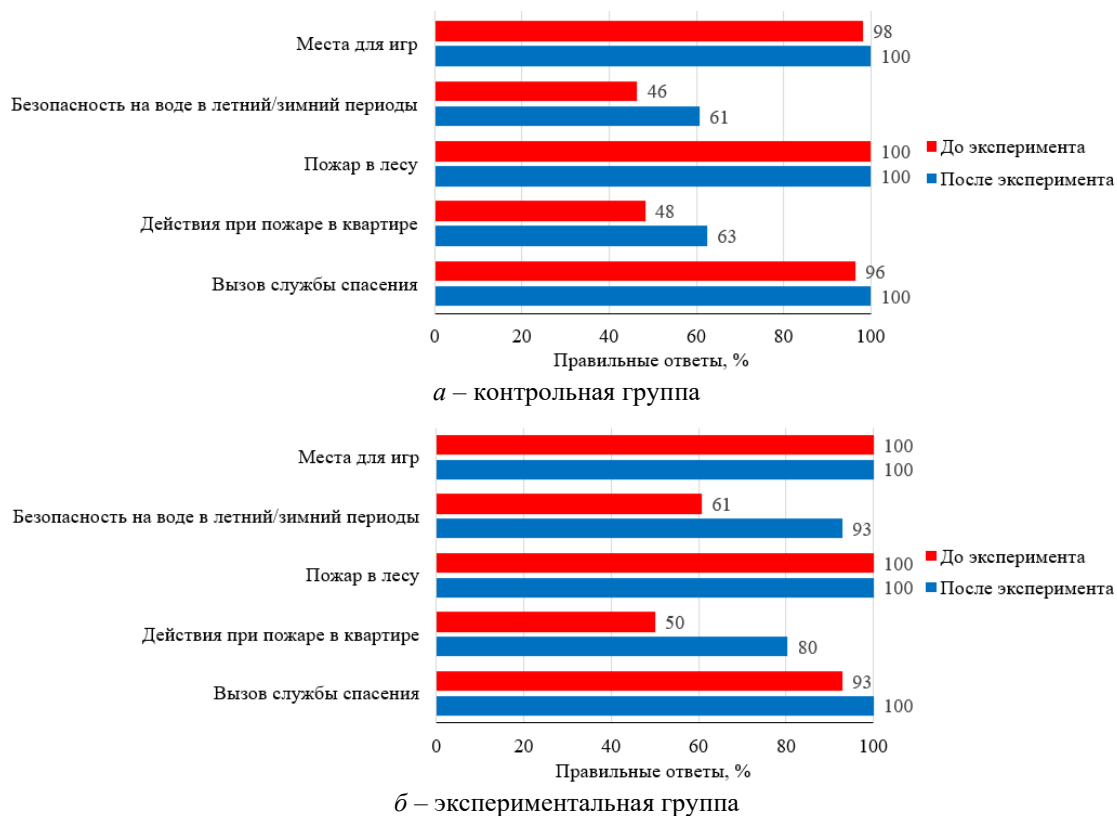


Рисунок 3. – Сведения о результатах контроля знаний

В дополнение к проведенным исследованиям было проведено анкетирование детей экспериментальной группы для изучения их мнения о разработанном приложении. На вопрос «Понравилась ли тебе игра "Спецотряд 112"» 27 из 28 респондентов ответили положительно, а 25 учащихся отметили, что расскажут о ней своим друзьям. При этом в качестве предложений, как можно усовершенствовать приложение, дети указали: увеличить количество заданий и персонажей, добавить локацию по спасению из завалов и работе медиков, возможность выполнения миссии от имени анимированных персонажей и возможность использования инвентаря для выполнения действий.

Проведенная работа позволила выявить мнение детей о том, где можно узнать о безопасности жизнедеятельности. Так, по данным, полученным до проведения учебных занятий, установлено, что 89 % от общего количества опрошенных детей не считают, что указанные вопросы можно узнать дома. При этом 23 % не ответило, что знания о безопасности прививаются в школе. Значительно меньшее количество опрошенных не ассоциируют получение соответствующих знаний в учреждениях МЧС. Сводная информация об опросе по указанному направлению приведена на рисунке 4.

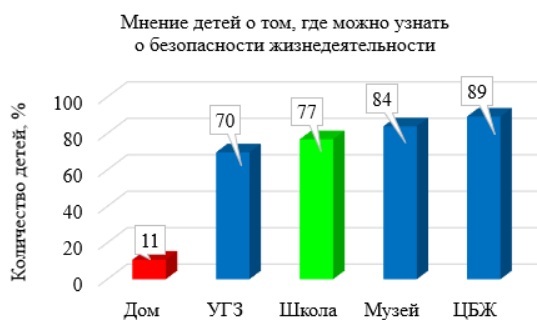


Рисунок 4. – Мнение детей о том, где можно узнать о безопасности жизнедеятельности

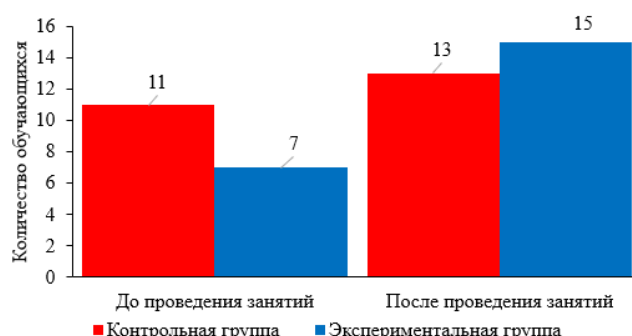


Рисунок 5. – Сведения о желании детей стать спасателем-пожарным

Для оценки воздействия на детей разработанного приложения как элемента профориентационной работы было изучено мнение детей о желании связать свою жизнь со службой в МЧС Беларуси. В частности, до и после занятия количество желающих стать спасателем увеличилось, при этом в группе, в которой не использовалось приложение, изменения менее выражены (рис. 5).

**Обсуждение результатов.** По полученным данным можно констатировать, что первоначальный (до проведения эксперимента) уровень знаний обучающихся как в контрольной, так и в экспериментальной группе соответствовал уровню «высокий» (более 80 % правильных ответов на тестовые задания). Исключением являлось освоение вопросов «Безопасность на воде в летний/зимний период» и «Действия при пожаре в квартире» в обеих группах. При этом следует отметить, что в экспериментальной группе уровень знаний о действиях при пожаре составил 61 %, т.е. практически соответствовал минимальному значению в принятой порядковой шкале. В то же время на вопрос о последовательности действий в случае пожара в контрольной группе правильно ответило лишь 2 ребенка (7 % учеников), а в экспериментальной не ответил никто. При этом после проведенных занятий в контрольной группе верно определили последовательность действий 8 детей (29 %), а в экспериментальной – 17 (61 %). Указанное свидетельствует о необходимости уделения пристального внимания при организации и проведении образовательных мероприятий по вопросам безопасности жизнедеятельности данному аспекту, т.к., как было отмечено в работе [1], именно неправильные действия в случае возникновения пожара зачастую приводят к гибели детей.

Анализ полученных результатов относительно вопросов безопасности на водах показал, что на первоначальном этапе около половины детей (54 % в контрольной группе и 39 % в экспериментальной) не осознают опасности применения плавательных средств на водоемах. При этом по окончании проведения занятий данное мнение было значительно изменено – 39 и 7 % соответственно. Однако, несмотря на положительную динамику, следует признать, что указанные показатели определяют необходимость дальнейшего совершенствования применяемых подходов в обучении детей основам безопасности на воде.

В целом результаты проведенных в рамках настоящей работы образовательных мероприятий показывают положительный эффект воздействия на обучающихся в обеих группах. В частности, установлено увеличение как среднего количества правильных ответов на тестовые задания (с 77 до 84 % в контрольной группе, с 79 до 93 % в экспериментальной (табл. 2 и 3)), так и количества положительных ответов по всем блокам вопросов (рис. 3).

При рассмотрении абсолютных значений повышения уровня знаний детей можно отметить, что применение мобильного приложения дало более значимый образовательный эффект. В частности, по наиболее проблемным блокам вопросов («Безопасность на воде в летний/зимний период» и «Действия при пожаре в квартире») увеличение среднего количества правильных ответов учащихся в контрольной группе составило 15 %, в то время как в экспериментальной – около 30 %. Последнее позволяет сделать вывод о перспективности дальнейшего применения разработанного мобильного приложения для обучения вопросам безопасности жизнедеятельности детей младшего школьного возраста.

Полученные в ходе анкетирования данные о мнении детей относительно разработанного приложения могут свидетельствовать о достижении цели по недопущению перегруженности образовательного контента разработанного приложения.

Данные, полученные в ходе анкетирования детей об источниках получения информации о безопасности жизнедеятельности (рис. 4), могут свидетельствовать о недостаточном внимании к вопросам безопасности со стороны родителей в процессе воспитания их детей, что в общем коррелирует с данными статистики, изложенными в работе [1], в части причин и условий, способствовавших гибели детей на пожарах и на воде. Следовательно, вопросы формирования ответственного отношения родителей к безопасным условиям проживания детей по-прежнему должны оставаться в центре внимания должностных лиц органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям при проведении различных профилактических мероприятий.

Заслуживает внимания эффект, который был достигнут при применении приложения относительно заинтересованности детей связать свою жизнь со службой спасения. Исходя из представленных данных (рис. 5) применение разработанного положения можно расценивать как достаточно эффективный элемент профориентационной работы и популяризации профессии спасателей-пожарных.

### **Заключение**

С учетом проведенного анализа психолого-педагогических особенностей обучения детей младшего школьного возраста и статистических данных о гибели в результате пожаров и на водах детей указанной возрастной группы разработано мобильное приложение, предназначенное для формирования культуры безопасности жизнедеятельности.

Путем проведения сравнительного педагогического эксперимента установлена эффективность разработанного мобильного приложения. Полученные результаты свидетельствуют о положительном эффекте применения разработанного электронного средства обучения на детей. В частности, при реализации образовательного процесса с использованием приложения уровень знаний обучающихся по отдельным образовательным блокам повысился на 30 % в сравнении с традиционными методами.

Установлено, что наибольшего внимания при обучении младших школьников требует изучение вопросов о действиях в случае пожара и безопасного поведения на воде.

Проведенный анкетный опрос показал, что дети положительно восприняли предложенный им инструмент изучения основ безопасности жизнедеятельности. Получены предложения по совершенствованию приложения.

В ходе изучения мнения детей о возможности получения знаний о безопасности жизнедеятельности выявлено, что в подавляющем большинстве случаев (89 %) младшие школьники не считают, что о данных вопросах можно узнать дома. Указанное определяет необходимость дальнейшей концентрации усилий должностных лиц органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям на формировании ответственного отношения родителей к безопасным условиям проживания детей.

Зафиксирован положительный эффект применения разработанного приложения как элемента профориентационной работы и популяризации профессии спасателей-пожарных.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Закалинская, К.В. Теоретические аспекты создания электронных средств обучения безопасности жизнедеятельности детей младшего школьного возраста / К.В. Закалинская, А.В. Суриков, Н.В. Зайнудинова // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2025. – Т. 9, № 2. – С. 253–271. – DOI: 10.33408/2519-237X.2025.9-2.253. – EDN: SDNAEZ.
2. Суриков, А.В. Интерактивная имитационная обучающая система для подготовки специалистов органов государственного пожарного надзора к проведению надзорно-профилактических мероприятий в форме мониторинга / А.В. Суриков, Н.В. Зайнудинова, С.А. Барыш // Наука и образование в гражданской защите. – 2024. – № 3 (55). – С. 81–94. – URL: [http://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NachZh\\_55/3\\_55\\_.ot\\_10.10\\_81\\_93.pdf](http://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NachZh_55/3_55_.ot_10.10_81_93.pdf) (дата обращения: 30.05.2025).
3. Новиков, Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи) / Д.А. Новиков. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
4. Горбунова, И.Б. Педагогический эксперимент: статистическая обработка результатов выполнения контрольных заданий / И.Б. Горбунова // Мир науки, культуры, образования. – 2018. – № 2 (69). – С. 302–306. – EDN: XNBHVB.

**Применение мобильных технологий для формирования культуры безопасности жизнедеятельности у детей младшего школьного возраста: опыт разработки и оценки**

**The use of mobile technologies to develop the culture of life safety in primary school children: experience of development and evaluation**

***Закалинская Карина Викторовна***

Учреждение «Минское городское управление МЧС Республики Беларусь», центр безопасности жизнедеятельности, заместитель начальника центра

Адрес: ул. Козлова, 26-8,  
220037, г. Минск, Беларусь  
Email: karinka.ru92@mail.ru

***Karina V. Zakalinskaya***

Establishment «Minsk City Department of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Life Safety Education Center, Deputy Head of the Centre

Address: Kozlova str., 26-8,  
220037, Minsk, Belarus  
Email: karinka.ru92@mail.ru  
ORCID: 0009-0008-4335-5254

***Суриков Андрей Валерьевич***

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра организации надзорной и профилактической деятельности, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: shurikoff@bk.ru  
SPIN-код: 1163-6294

***Andrey V. Surikov***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Organization of Supervisory and Preventive Activities, Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: shurikoff@bk.ru  
ORCID: 0000-0002-3659-7297

***Зайнудинова Наталья Владимировна***

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: Zainudzinava@gmail.com  
SPIN-код: 3032-4413

***Natal'ya V. Zaynudinova***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Industrial Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: Zainudzinava@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1848-1562

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.325>

EDN: <https://elibrary.ru/OBLPGT>

## THE USE OF MOBILE TECHNOLOGIES TO DEVELOP THE CULTURE OF LIFE SAFETY IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN: EXPERIENCE OF DEVELOPMENT AND EVALUATION

Zakalinskaya K.V., Surikov A.V., Zaynudinova N.V.

*Purpose.* To develop a mobile application for teaching life safety to primary school children and to evaluate its effectiveness when implemented in the educational process.

*Methods.* The general methodology of the work included the use of a comparative pedagogical experiment and a sociological method of obtaining information. The application was developed using the cross-platform development environment Unity 6 and the C# programming language.

*Findings.* A mobile application has been developed for the formation of the culture of life safety in children of primary school age. The results of a study of the effectiveness of using the specified electronic means of learning in the educational process are presented. The opinions of children and their parents on the use of the developed application have been studied.

*Application field of research.* The obtained research results can be applied in the design and creation of electronic means of teaching primary school children life safety issues.

*Keywords:* mobile application, life safety, primary school children, educational game, efficiency, experimental study.

(The date of submitting: June 5, 2025)

### REFERENCES

1. Zakalinskaya K.V., Surikov A.V., Zaynudinova N.V. Teoreticheskie aspekty sozdaniya elektronnykh sredstv obucheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti detey mladshego shkol'nogo vozrasta [Theoretical aspects of creating electronic teaching tools for life safety for primary school children]. *Journal of Civil Protection*, 2025. Vol. 9, No. 2. Pp. 253–271. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2025.9-2.253. EDN: SDNAEZ.
2. Surikov A.V., Zaynudinova N.V., Barysh S.A. Interaktivnaya imitatsionnaya obuchayushchaya sistema dlya podgotovki spetsialistov organov gosudarstvennogo pozharnogo nadzora k provedeniyu nadzorno-profilakticheskikh meropriyatiy v forme monitoringa [Interactive simulation training system for training specialists of state fire supervision bodies for conducting supervision and preventive measures in the form of monitoring]. *Science and Education in Civil Protection*, 2024. No. 3 (55). Pp. 81–94. (rus). Available at: [http://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NachZh\\_55/3\\_55\\_.ot\\_10.10\\_81\\_93.pdf](http://agz.edu.kz/public/uploads/2024/NachZh_55/3_55_.ot_10.10_81_93.pdf) (accessed: March 30, 2025).
3. Novikov D.A. *Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyakh (tipovye sluchai)* [Statistical methods in educational research (typical cases)]. Moscow: MZ-Press, 2004. 67 p. (rus)
4. Gorbunova I.B. Pedagogicheskiy eksperiment: statisticheskaya obrabotka rezul'tatov vypolneniya kontrol'nykh zadaniy [Pedagogical experiment: statistical processing of results of performance of control tasks]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2018. No. 2 (69). Pp. 302–306. (rus). EDN: XNBHVB.

Copyright © 2025 Zakalinskaya K.V., Surikov A.V., Zaynudinova N.V.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ГИСТЕРЕЗИСА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ В БОЛТОВОМ СОЕДИНЕНИИ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА КРАНА

Мартыненко Т.М., Смиловенко О.О., Пронкевич С.А.,  
Лосик С.А., Мартыненко И.М.

*Цель.* Оценка несущей способности и областей разрушения резьбы болтового соединения опорно-поворотного устройства крана.

*Методы.* Для исследования поведения болтового соединения опорно-поворотного устройства башенного крана при циклических нагрузках использовался метод трехмерного моделирования в среде Autodesk Inventor Professional, которая позволяет работать со сборкой твердых тел, находящихся в параметрических зависимостях между собой.

*Результаты.* Исследовано болтовое соединение опорно-поворотного устройства башенного крана в среде ANSYS. Испытанное соединение воспринимало нагрузку, приводящую к пластическим деформациям, а затем было разгружено. Разгрузка происходила в соответствии с упругим законом, при этом остаточные деформации были сохранены. Смоделирован наиболее вероятный сценарий изменения пластических свойств болтового соединения, определены области критических напряжений. Разработанная конечно-элементная модель позволяет описать поведение болтового соединения и определить области разрушения резьбы.

*Область применения исследований.* Прогнозирование потери прочности в наиболее вероятных областях перегрузки и, как следствие, смещения болтового соединения при небольших частых нагрузках.

*Ключевые слова:* резьбовые соединения, площадь петли гистерезиса, моделирование методом конечных элементов, циклические нагрузки, разрушение болтового соединения, комбинированные виды нагружения.

(Поступила в редакцию 27 февраля 2025 г.)

### Введение

Резьбовые соединения являются наиболее распространенными из разъемных соединений. Болтовые соединения применяют для скрепления деталей небольшой толщины, а его надежность в основном зависит от сопротивления болтов на срез и на разрыв. Соединение должно выдерживать следующие виды нагрузки: эксплуатационные, климатические, динамические. Причинами выхода болтового соединения из строя могут быть: климатические воздействия, ослабление затяжки, переменная осевая нагрузка, внутреннее трение материала болта, длина которого под воздействием этих факторов периодически увеличивается, затем снова сокращается.

Ослабевание усилий затяжки в болтовом соединении происходит следующим образом. Под действием момента затяжки возникает сила трения. И пока поперечной силе ее преодолеть не удалось, болтовое соединение работает только на растяжение, т.к. оно обладает необходимой степенью упругости. При повороте фланцевого соединения сдвигающие силы достигают значения, превышающего силу трения, в соединении происходит сдвиг на величину, равную зазору, существующему между поверхностью стержня болта и поверхностью отверстия. Далее сдвигающая сила в основном воздействует на поверхность болта, оказывая на нее давление через поверхность отверстия. Со временем из-за определенных ограничений, вызванных наличием в конструкции болта таких элементов, как головка и гайка, болт растягивается и изгибается. Сила трения теряет свое значение, и соединение переходит в экстремальную фазу, основной характеристикой которой является его упругопластическая работа. В итоге соединение достигает предела прочности и разрушается в двух режимах: разрыв болта вследствие среза болта или отрыва головки или разрыв болта в сочетании с пластической деформацией фланцев соединения [1, с. 94–121].

Так, 6 ноября 2015 г. на строительной площадке в Бобруйске при проведении строительно-монтажных работ башенный кран КБМ-401П упал на перекрытие 7-го этажа строящегося здания. При осмотре места происшествия было обнаружено, что из 48 соединительных

болтов 30 имели следы коррозии на срезе. Причиной падения стало разрушение болтов, крепящих опорно-поворотное устройство к неповоротной платформе<sup>1</sup>.

Для исследования выбрано болтовое соединение внутреннего кольца опорно-поворотного устройства башенного крана, при эксплуатации которого сталкиваются с рядом трудностей. К этим трудностям относятся изменение механических характеристик деталей соединений при нагружении, самоотвинчивание болтов при циклическом нагружении, уменьшение напряжений при постоянной величине деформации [2].

Достоверные результаты поведения болтового соединения в области пластической деформации можно получить с помощью конечно-элементного моделирования.

### Основная часть

Проведены исследования пластической деформации болтового соединения. Для создания трехмерной модели конструкции (рис. 1) использовался программный комплекс Autodesk Inventor Professional, который позволяет работать со сборкой твердых тел, находящихся в параметрических зависимостях между собой, что дает возможность варьировать геометрические размеры конструкции в ходе проектных экспериментов. Для дальнейших расчетов геометрия болтового соединения была экспортирована в ANSYS [3–4].

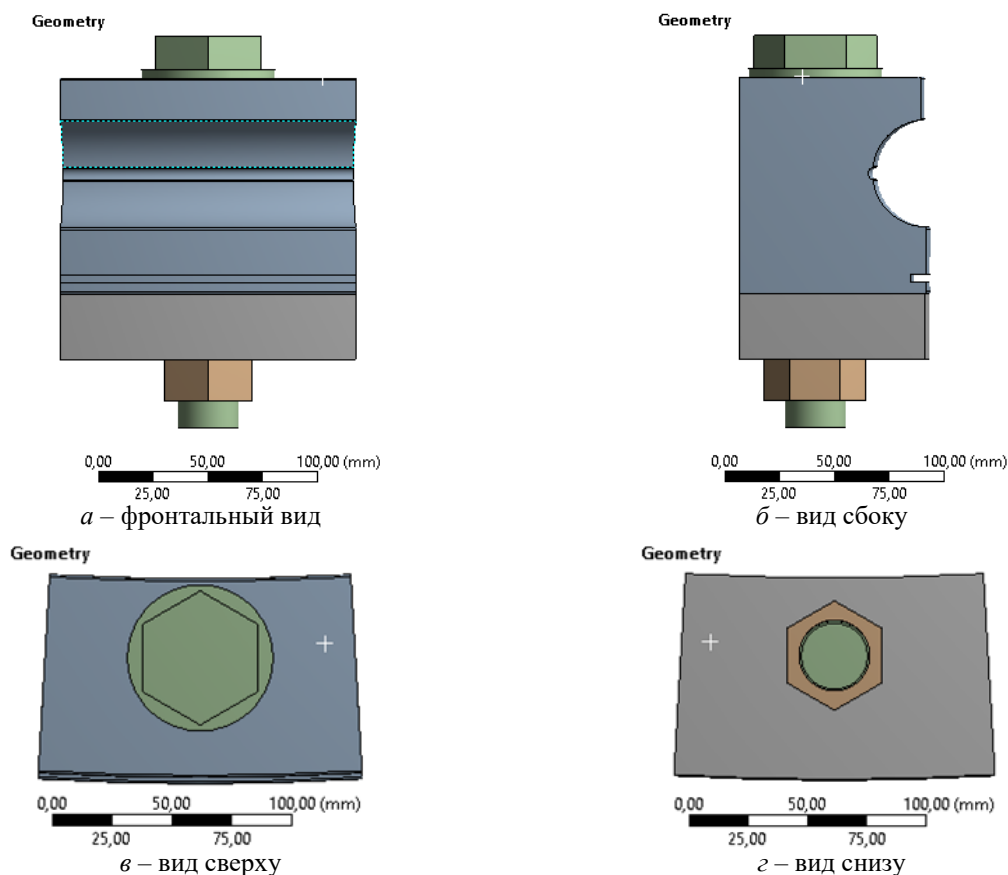


Рисунок 1. – Сегмент опорно-поворотного устройства башенного крана, соединенный болтом

От геометрической модели перешли к конечным элементам, для которых необходимо было выбрать характерный размер элемента, его форму и способы разбиения. Средний «габаритный» размер для болтового соединения составил 1 мм, для соединяемых деталей опорно-поворотного устройства – 1 и 0,5 мм (рис. 2).

Для моделирования объемных твердых тел ANSYS Workbench по умолчанию использует трехмерные элементы типов SOLID 186 и SOLID 187. Конечный элемент SOLID 186 представляет собой трехмерный объемный напряженно-деформированный элемент с двадцатью узлами, причем каждый узел имеет шесть степеней свободы – три перемещения вдоль осей и три вращения вокруг осей узловой системы координат. Конечный элемент SOLID 187 представляет собой трехмерный объемный напряженно-деформируемый

<sup>1</sup> Почему упал в Бобруйске башенный кран // Коммерческий курьер. – 2016. – 20 июня. – URL: <https://komkur.info/proisshestvija/pochemu-upal-v-bobruyske-bashennyuy-kran> (дата обращения: 19.02.2025).

элемент с десятью узлами в форме тетраэдра, каждый из которых имеет три степени свободы – три смещения вдоль осей узловой системы координат. Элементы SOLID 186 и SOLID 187 могут использоваться как в линейных, так и в нелинейных задачах с большими деформациями [5]. Конечные элементы имеют произвольную ориентацию в пространстве и обладают свойствами пластичности, ползучести, гиперупругости, изменения жесткости под действием нагрузок. Исследуемая модель включала 35 023 конечных элемента, из которых SOLID 186 (трехмерный элемент объемного напряженно-деформированного состояния призматической формы с двадцатью узлами) 568 элементов и SOLID 187 (трехмерный элемент объемного напряженно-деформированного состояния с десятью узлами в форме тетраэдра) 34 445 элементов.

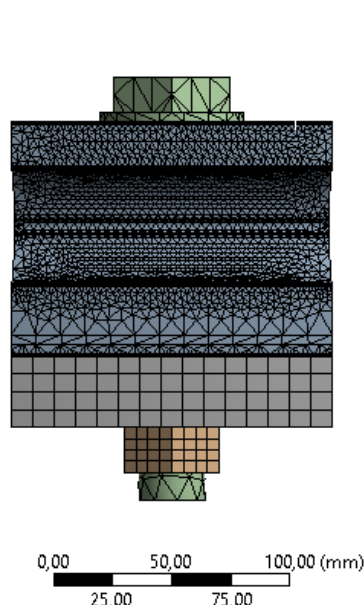


Рисунок 2. – Вид конечно-элементной модели болтового соединения

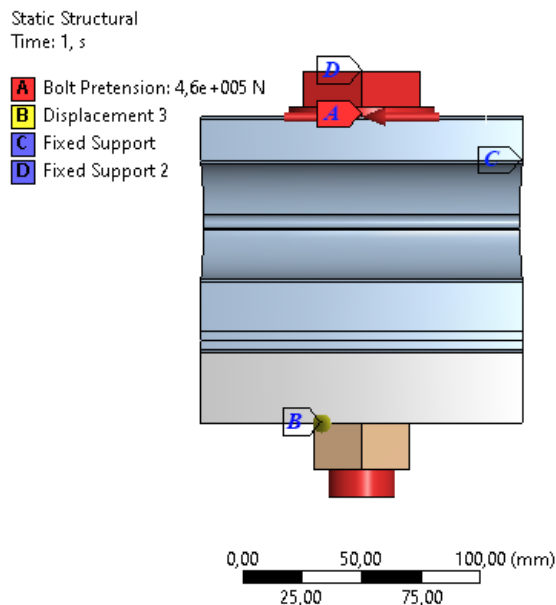


Рисунок 3. – Физическая модель для расчета болтового соединения

Для физической модели были введены следующие допущения:

- разрыв болтового соединения вследствие пластического разрушения;
- тарированный момент затяжки болта (A на рисунке 3);
- области, для которых заданы граничные условия – закрепления (C и D на рисунке 3);
- точка приложения силы (B на рисунке 3).

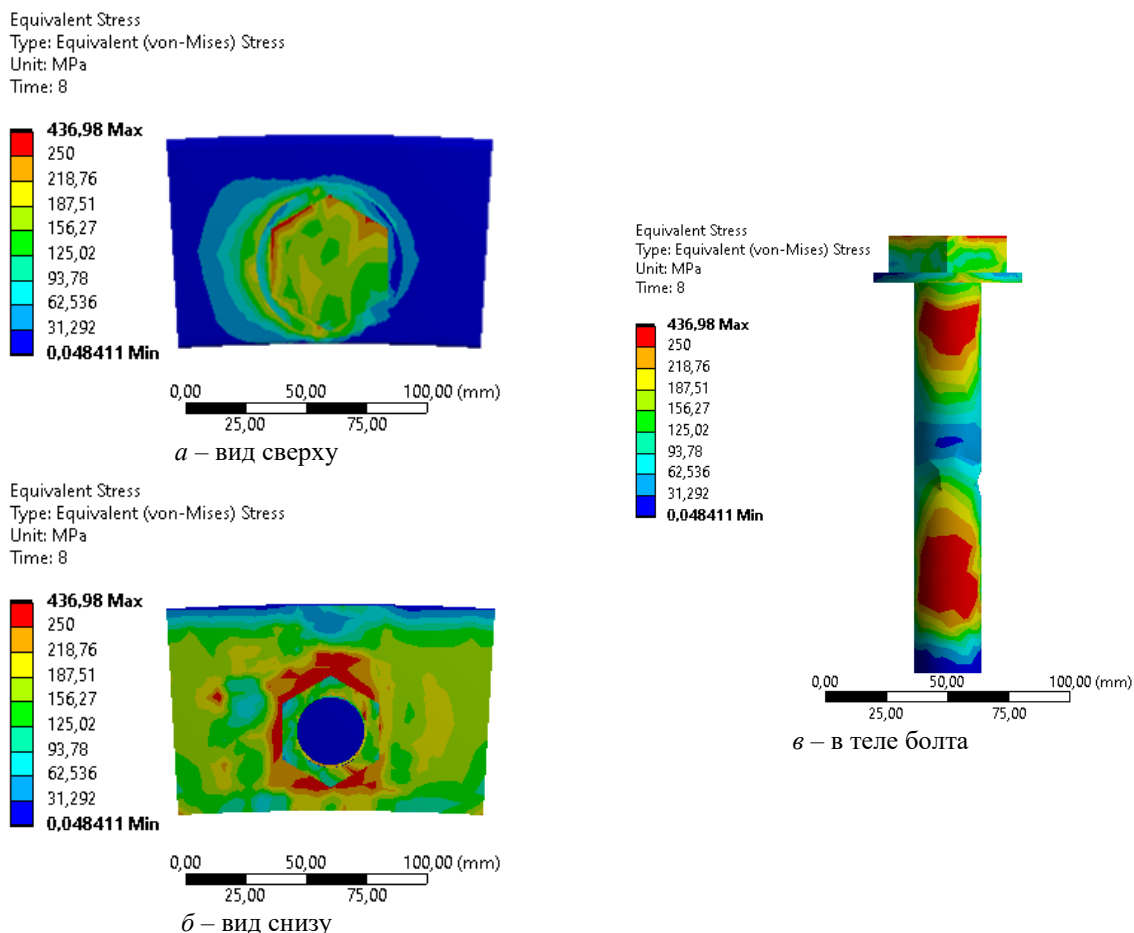
На основании перечисленных допущений был смоделирован механизм запаздывания деформации материала болтового соединения при циклических нагрузках и разделении фаз нагружения и разгрузки.

Для модели проводили статический расчет конструкции болтового соединения. Полученное распределение эквивалентных напряжений, суммарной и пластической деформаций представлено в таблице 1 и на рисунках 4–5.

Из проведенных расчетов видно, что процесс усталостного разрушения болтового соединения ввиду циклического нагружения сопровождается значительной локальной пластической деформацией материала, что приводит к образованию эксплуатационных дефектов в виде микротрещин. Некоторые из таких микротрещин расположены у резьбы и, как известно, являются местами зарождения усталостных трещин. Болтовое соединение достигает предела прочности и разрушается. Процесс разрушения происходит по двум сценариям: разрыв болта или разрыв болта в сочетании с пластической деформацией [6, с. 75–84; 7, с. 134–177].

Таблица 1. – Сводная таблица результатов расчета

| Результаты                            | Минимальное значение | Максимальное значение | Единицы измерения | Время, с |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------|
| Деформация                            | 0                    | 1,1974                | мм                | 8        |
| Эквивалентное напряжение              | 0,048411             | 436,98                | МПа               | 8        |
| Эквивалентная пластическая деформация | 0                    | 0,14578               | мм                | 8        |
| Реакция связи                         | -291100              | 291100                | Н                 | 8        |

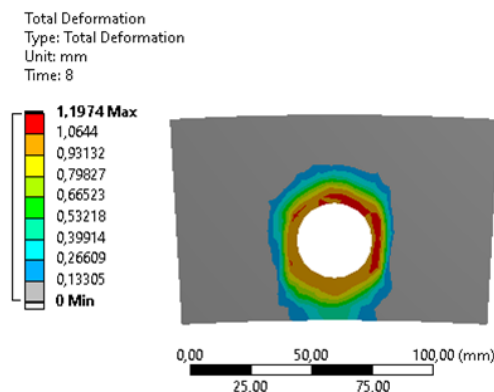


**Рисунок 4. – Схема распределения эквивалентных напряжений в болтовом соединении**

Существенным показателем пластической деформации является количественная оценка неупругости металла – остаточная деформация за цикл, равная ширине петли гистерезиса. В макроповедении это рассеяние усталости образуется при нагрузке и разгрузке резьбового соединения. Чем значительнее площадь петель гистерезиса, тем больше энергии рассеивается. В качестве количественной характеристики неупругости металла будем использовать деформацию за цикл, равную ширине петли гистерезиса; а также удельную необратимо рассеянную за цикл силу, равную площади петли в выбранных координатах.

Петли гистерезиса можно получить многочисленными способами, производя периодические операции с постоянными характеристиками напряженного или деформированного состояния. Как показывают многочисленные исследования, даже при весьма малых амплитудах переменной нагрузки зависимость между напряжениями и деформациями в металлах не остается линейной и при представлении результатов таких исследований в координатах «напряжение – деформирование» наблюдается замкнутая петля механического гистерезиса [8, с. 201–220].

График гистерезисной траектории, построенный по результатам вычислительного эксперимента, приведен на рисунке 6 и представляет собой асимметричные флагообразные петли. Наличие такой петли свидетельствует о том, что работа деформации, затраченная при нагружении образца, превышает работу деформации при его разгрузке. Часть энергии, определяемая площадью петли гистерезиса, расходуется в металле на необратимые процессы [9–10].



**Рисунок 5. – Схема распределения суммарной деформации в сегменте опорно-поворотного устройства**

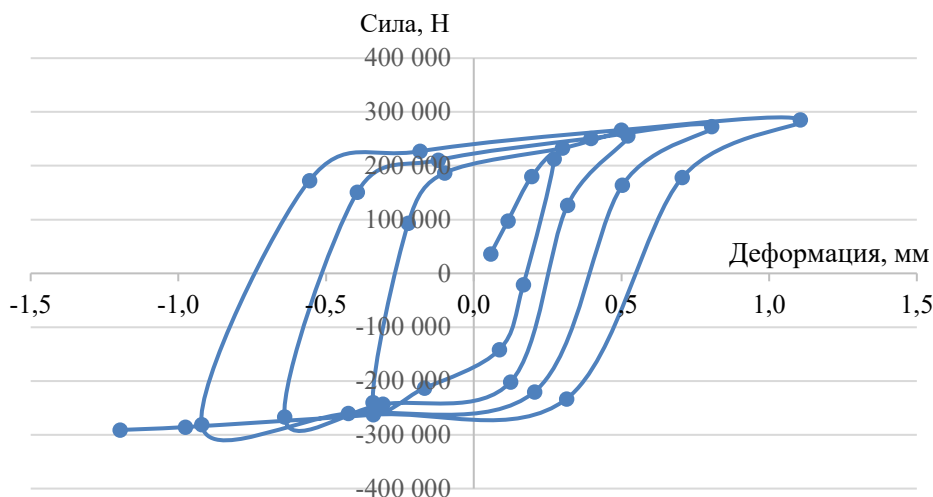


Рисунок 6. – Петля гистерезиса, рассчитанная в приложении ANSYS

Приведены кривые первых 4 циклов «нагрузки» и «разгрузки», в результате обработки экспериментальных данных значение реактивной силы составляет 291 100 Н, деформация – 1,1974 мм.

### Заключение

Методами компьютерного, конечно-элементного моделирования исследовано болтовое соединение опорно-поворотного устройства башенного крана в среде ANSYS. Исследованное соединение воспринимало повторяющуюся знакопеременную нагрузку. Благодаря разработанной модели исследованы упругие и пластические деформации, определены области возникновения критических напряжений. Разработанная конечно-элементная модель позволяет описать поведение болтового соединения и определить области возможного разрушения резьбы.

Экспериментальные результаты циклического нагружения болтового соединения показывают, что ухудшение жесткости и изменение прочности болтов происходит, когда приложенная нагрузка превышает критическую. Кроме того, установлено, что потеря предварительного натяжения болта не влияет на предельное сопротивление образца растягивающей нагрузкой. Однако качественно это можно оценить по результатам неоднозначности деформации для одного и того же значения напряжений при нагружении и последующей разгрузке соединения.

В работе получены экспериментальные результаты при 4 циклах нагружения болтового соединения, учтена реактивная сила, действующая в области резьбы ( $F_R = 291\,100$  Н), условия закрепления, геометрические характеристики узла. Разработанная конечно-элементная модель позволяет описать поведение болтового соединения и определить область разрушения резьбы, деформация которой составляет 1,1974 мм; пластическую деформацию, максимальное значение которой составляет 436 МПа и на основании перечисленного оценить несущую способность соединения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вольмир, А.С. Устойчивость деформируемых систем / А.С. Вольмир. – М.: Наука, 1967. – 984 с.
2. Мартыненко, Т.М. Компьютерное моделирование разрушения болтового соединения опорно-поворотного устройства подъемного крана / Т.М. Мартыненко, О.О. Смиловенко, И.М. Мартыненко, С.А. Лосик // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 2 (54). – С. 24–31. – DOI: 10.54422/1994-439X.2023.2-54.24-31. – EDN: LYBKPZ.
3. Дьяков, И.Ф. К расчету оболочки, укрепленной тонкостенными стержнями / И.Ф. Дьяков, С.А. Чернов // Автоматизация и современные технологии. – 2008. – № 1. – С. 16–20. – EDN: IJBDHL.
4. Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов; под ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 223 с.
5. Клованич, С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики / С.Ф. Клованич. – Запорожье: ИПО «Запорожье», 2009. – 400 с.

6. Икрин, В.А. Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности: учебник для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство» / В.А. Икрин. – М.: Изд. АСВ, 2004. – 424 с.
7. Биргер, И.А. Резьбовые и фланцевые соединения / И.А. Биргер, Г.Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1990. – 388 с.
8. Надаи, А. Пластичность и разрушение твердых тел: в 2 т.; пер. с англ. / А. Надаи. – М.: Мир, 1969. – Т. 2. – 863 с.
9. Пановко, Я.Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем / Я.Г. Пановко. – М.: Физматгиз, 1960. – 193 с.
10. Красносельский, М.А. Системы с гистерезисом / М.А. Красносельский, А.В. Покровский. – М.: Наука, 1983. – 271 с.

**Исследование механического гистерезиса при циклическом нагружении  
в болтовом соединении опорно-поворотного устройства крана**

**Investigation of mechanical hysteresis under cyclic loading  
in bolted connection of crane slewing-bolt device**

***Мартыненко Тарас Михайлович***

кандидат физико-математических наук,  
доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: taras2480@gmail.com

SPIN-код: 4999-4213

***Taras M. Martynenko***

PhD in Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Industrial Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: taras2480@gmail.com

ORCID: 0009-0000-6609-2030

***Смиловенко Ольга Олеговна***

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
промышленной безопасности, профессор

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: olgasmilovenko@gmail.com

***Olga O. Smilovenko***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Industrial Safety, Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: olgasmilovenko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1612-9573

***Пронкевич Сергей Александрович***

кандидат физико-математических наук,  
доцент

Закрытое акционерное общество  
«Струнные технологии», бюро расчета  
машиностроительных конструкций,  
начальник бюро

Адрес: ул. Железнодорожная, 33,  
220089, г. Минск, Беларусь

Email: ps\_minsk@mail.ru

***Sergey A. Pronkevich***

PhD in Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor

Closed Joint-Stock Company «String  
Technologies», Bureau of Machine-Building  
Structures Calculation, Head of the Bureau

Address: Zheleznodorozhnaya str., 33,  
220089, Minsk, Belarus

Email: ps\_minsk@mail.ru

***Лосик Сергей Анатольевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
промышленной безопасности,  
старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: losikserg@mail.ru

***Sergey A. Losik***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Industrial Safety,  
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: losikserg@mail.ru

**Мартыненко Игнат Михайлович**

кандидат физико-математических наук,  
доцент

Белорусский государственный университет,  
факультет прикладной математики  
и информатики, кафедра фундаментальной  
математики и интеллектуальных систем,  
доцент

Адрес: пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь

Email: im\_martynenko@mail.ru

**Ignat M. Martynenko**

PhD in Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor

Belarusian State University,  
Faculty of Applied Mathematics  
and Computer Science, Chair of Fundamental  
Mathematics and Intelligent Systems,  
Associate Professor

Address: Nezavisimosti avenue, 25,  
220030, Minsk, Belarus

Email: im\_martynenko@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.335>EDN: <https://elibrary.ru/PJDRXZ>

## INVESTIGATION OF MECHANICAL HYSTERESIS UNDER CYCLIC LOADING IN BOLTED CONNECTION OF CRANE SLEWING-BOLT DEVICE

**Martynenko T.M., Smilovenko O.O., Pronkevich S.A., Losik S.A., Martynenko I.M.**

*Purpose.* Estimation of bearing capacity and areas of destruction of threads of bolt connection of the crane slewing support device.

*Methods.* The method of three-dimensional modeling in the *Autodesk Inventor Professional* environment, which allows to work with the assembly of solid bodies being in parametric dependencies between each other, was used to study the behavior of the bolt connection of the tower crane slewing device under cyclic loading.

*Findings.* The bolted connection of the tower crane slewing support device was investigated in ANSYS environment. The load acting on tested connection resulted in plastic deformations and then the tested connection was unloaded. The unloading occurred according to the elastic law, and the residual deformations were preserved. The most probable scenario of change in the plastic properties of the bolted connection was modeled, and the areas of critical stresses were determined. The developed finite element model allows describing the behavior of the bolted joint and determining the areas of thread destruction.

*Application field of research.* Prediction of strength loss in the most probable areas of overloading, and, as a consequence, displacement of bolted joint under small frequent loads.

*Keywords:* threaded joints, hysteresis loop area, finite element modeling, cyclic loading, bolted joint destruction, combined types of loading.

(The date of submitting: February 27, 2025)

### REFERENCES

1. Vol'mir A.S. *Ustoychivost' deformiruemyykh sistem* [Stability of deformable systems]. Moscow: Nauka, 1967. 984 p. (rus)
2. Martynenko T.M., Smilovenko O.O., Martynenko I.M., Losik S.A. Komp'yuternoe modelirovaniye razrusheniya boltovogo soedineniya oporno-povorotnogo ustroystva pod"emnogo krana [Computer modeling of the destruction of the bolt connection of the support-turning device of the crane]. *Emergency Situations: Prevention and Elimination*, 2023. No. 2 (54). Pp. 24–31. DOI: 10.54422/1994-439X.2023.2-54.24-31. (rus). EDN: LYBKPZ.
3. Dyakov I.F., Chernov S.A. K raschetu obolochki, ukreplennoy tonkostennymi sterzhnyami [Calculation of the shell reinforced by the thin-walled rods]. *Automation and Modern Technologies*, 2008. No. 1. Pp. 16–20. (rus)
4. Basov K.A. *ANSYS v primerakh i zadachakh* [ANSYS in examples and tasks]. Moscow: Komp'yuter-Press, 2002. 223 p. (rus)
5. Klovanich S.F. *Metod konechnyykh elementov v nelineynykh zadachakh inzhenernoy mekhaniki* [Method of finite elements in nonlinear problems of engineering mechanics]. Zaporozhye: Publishing and Printing Association «Zaporozhye», 2009. 400 p. (rus)
6. Ikrin V.A. *Soprotivleniye materialov s elementami teorii uprugosti i plastichnosti* [Resistance of materials with elements of the theory of elasticity and plasticity]: textbook for students studying in the direction 653500 «Construction». Moscow: ASV, 2004. 424 p. (rus)
7. Birger I.A., Iosilevich G.B. *Rez'bovye i flantsevye soedineniya* [Threaded and flange connections]. Moscow: Mashinostroenie, 1990. 388 p. (rus)
8. Nadai A. *Plastichnost' i razrusheniye tverdykh tel* [Plasticity and fracture of solids]: in 2 vols; translation from English. Moscow: Mir, 1969. Vol. 2. 863 p. (rus)
9. Panovko Y.G. *Vnutrennee treniye pri kolebaniyakh uprugikh sistem* [Internal friction at oscillations of elastic systems]. Moscow: Fizmatgiz, 1960. 193 p. (rus)
10. Krasnoselskiy M.A., Pokrovskiy A.V. *Sistemy s gisterezisom* [Systems with hysteresis]. Moscow: Nauka, 1983. 271 p. (rus)

Copyright © 2025 Martynenko T.M., Smilovenko O.O.,  
Pronkevich S.A., Losik S.A., Martynenko I.M.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ОСОБЕННОСТИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ В СТРОЯЩИХСЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Морозов А.А., Котов А.А., Богданов Д.Ю., Казутин Е.Г.

*Цель.* Сформулировать основные рекомендации по ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена.

*Методы.* В работе применены эмпирические методы исследования (определение зависимости времени защитного действия дыхательного аппарата со сжатым воздухом (АСВ) от температуры окружающей среды), метод теоретического анализа литературных источников при проведении оценки исследований в области ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена. Выполнена обработка полученных результатов с использованием метода оценивания и теоретического обобщения полученных данных.

*Результаты.* На основании проведенных экспериментальных исследований определены зависимости времени защитного действия АСВ от температуры окружающей среды в подземных выработках. Определены основные подходы к ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена, учитывающие конструктивные особенности данных объектов и необходимость взаимодействия специальных служб при выполнении горноспасательных работ.

*Область применения исследований.* Результаты исследований могут быть использованы Министерством по чрезвычайным ситуациям при разработке рекомендаций по проведению аварийно-спасательных работ в строящихся подземных сооружениях метрополитена.

*Ключевые слова:* метрополитен, подземные выработки, горные выработки, ликвидация аварий, горноспасательная служба.

(Поступила в редакцию 18 марта 2025 г.)

### Введение

Метрополитен – самый быстрый, комфортабельный, надежный и экологически чистый вид городского пассажирского транспорта. Решение о строительстве метрополитена в столице Белорусской ССР, городе Минске, было принято Советом Министров СССР 4 февраля 1977 г. Работы по строительству метро начались 3 мая 1977 г., а 4 ноября 1977 г. с площадки будущей станции «Парк Челюскинцев» стартовали работы по прокладке тоннелей. 29 июня 1984 г., в преддверии 40-й годовщины освобождения Минска от немецко-фашистских захватчиков в годы Великой Отечественной войны, началось регулярное движение поездов Минского метрополитена. Была открыта первая линия от станции «Институт Культуры» до станции «Московская», протяженность которой составила 7,84 км. На линии было восемь станций и электродепо «Московское»<sup>1</sup>.

В данный момент общая длина трех линий Минского метрополитена, рассчитанная в двухпутном исчислении, составляет 44,89 км. На основе генерального плана развития города Минска была создана «Комплексная транспортная схема города Минска», которая включает «Схему развития Минского метрополитена». Согласно этому плану Минский метрополитен будет состоять из четырех линий общей протяженностью 87,9 км и включать 64 станции (рис. 1)<sup>2</sup>.

Первая линия, включающая 15 станций, соединяет жилые районы юго-западной и северо-восточной частей Минска с центром и железнодорожным вокзалом. В дальнейшем планируется расширение линии в двух направлениях: северо-восточном – до станции «Смоленская» и юго-западном – до станции «Щемяслица».

Вторая линия (14 станций) соединяет жилые кварталы северо-западной части города с его центром и промышленным районом, расположенным на юго-востоке. В перспективе

<sup>1</sup> История развития // Минский метрополитен, официальный сайт Минского метро. – URL: [https://metropoliten.by/o\\_metropoliten/history\\_of\\_the\\_development](https://metropoliten.by/o_metropoliten/history_of_the_development) (дата обращения: 14.02.2025).

<sup>2</sup> Перспективы развития // Минский метрополитен, официальный сайт Минского метро. – URL: [https://metropoliten.by/o\\_metropoliten/prospects/](https://metropoliten.by/o_metropoliten/prospects/) (дата обращения: 14.02.2025).

планируется расширение этой ветки в двух направлениях: западном – до станции «Красный Бор» и юго-восточном – до станции «Шабаны».

Третья линия (7 станций) обеспечивает быстрое сообщение между жилыми районами «Курасовщина» и «Минск-Мир», а также деловыми районами города. Она также соединяет три пересадочных узла: станции «Октябрьская» – «Купаловская», «Площадь Ленина» – «Вокзальная» и «Фрунзенская» – «Юбилейная площадь». В будущем третья линия Минского метрополитена, протяженность которой составит 16 км, будет включать 14 станций. Она соединит южную и северную части города с центральной.



Рисунок 1. – Минский метрополитен со строящимися и проектируемыми станциями

В состав четвертой ветки Минского метрополитена войдут 17 станций, общая длина которых составит 25,4 км. Маршрут этой линии будет дублировать второе городское автомобильное кольцо. Четвертая линия будет пересекаться с первой, второй и третьей линиями метро. Строительство четвертой ветки позволит:

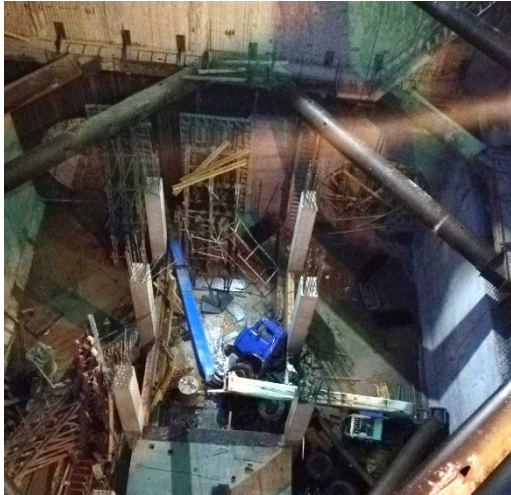
- окончательно решить проблему с перегрузкой пересадочного узла между первой и второй линиями;
- организовать единую систему для всех видов транспорта, включая городской и пригородный.

Строительство подземных сооружений метрополитена сопряжено с возникновением чрезвычайных и внештатных ситуаций (далее – аварии). В период с 1982 г. по настоящее время метростроители сталкивались с такими авариями, как:

- загорание строительных материалов;
- задымление в строящихся тоннелях метрополитена (горных, подземных выработках);
- подтопление котлованов и конструкций в результате обильных осадков;
- размытие бортов котлована обильными осадками;
- падение крана в котлован (рис. 2а);
- вывалы грунта при креплении борта котлована (рис. 2б);
- обрыв грузов при подъеме краном;
- вывалы грунта при проходке немеханизированным щитом;
- вывалы грунта на дневной поверхности при проходке тоннелепроходческим механизированным комплексом;

– падение ограждающих конструкций строительной площадки в результате воздействия порывов ветра.

Для ликвидации данных аварий планируется привлечение вновь создаваемого специализированного подразделения Министерства по чрезвычайным ситуациям (далее – МЧС) – Горноспасательной службы (далее – ГСС) пожарного аварийно-спасательного отряда на объектах Минского метрополитена (далее – ПАСО).



а – падение крана в котлован



б – вывал грунта при креплении борта котлована

Рисунок 2. – Аварии в подземных сооружениях метрополитена

Оснащение ГСС позволяет эффективно реагировать на возникающие аварии, однако в настоящее время отсутствуют обоснованные рекомендации по ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена (проведению горноспасательных работ), учитывающие специфику проведения аварийно-спасательных работ и необходимость взаимодействия работников МЧС и УП «Минскметрострой». Учитывая значительное количество планируемых к строительству объектов метрополитена, разработка таких рекомендаций является важной задачей.

### Основная часть

**Горноспасательные работы в условиях высоких температур при задымлении в подземных выработках.** Ключевым фактором при проведении горноспасательных работ в условиях высоких температур при задымлении в подземных выработках является максимально возможное время нахождения горноспасателей в непригодной для дыхания среде. Для определения зависимости данного времени от температуры окружающей среды в подземных выработках совместно с работниками ГСС ПАСО на базе участка строящегося тоннеля метрополитена проведены экспериментальные исследования.

Методика проведения исследований предполагала определение времени непрерывного пребывания работников в непригодной для дыхания среде (время защитного действия АСВ) в случае нахождения горноспасателя на одном месте, а также при передвижении по газозаполненным подземным выработкам (строящимся тоннелям метрополитена) (далее – ЗВТ). При этом горноспасатели выполняли работы средней степени тяжести (установка брезентовой перемычки с закреплением ее в дверном проеме распорными штангами при нахождении на одном месте и передвижение с рукавной линией, заполненной водой, и присоединенным ручным пожарным стволом при передвижении по ЗВТ).

Эксперимент проводили с участием группы горноспасателей в количестве 50 человек в возрасте от 20 до 35 лет, экипированных в комплект боевой одежды пожарного. Каждый участник эксперимента дополнительно экипировался датчиком измерения частоты сердечных сокращений (далее – ЧСС). При достижении значений ЧСС 170 ударов в минуту эксперимент останавливали ввиду опасности получения травмы работником. За итоговый результат принимали среднее арифметическое результатов всех участников, при этом результат каждого отдельно взятого участника принимали как среднее арифметическое пяти измерений времени защитного действия АСВ.

Изменение температур предусматривалось в диапазоне 27–40 °С, создание необходимой температуры достигали путем применения тепловых пушек BALLU BHP-M-36, замер

значений температуры и влажности выполняли с помощью термометра UniTesS THB 2 (относительная влажность в период проведения испытаний находилась в диапазоне 40–60 %). Время защитного действия АСВ фиксировали с помощью секундомера Интеграл С-02.

Перечень экспериментального оборудования и средств измерения представлен в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1. – Экспериментальное оборудование**

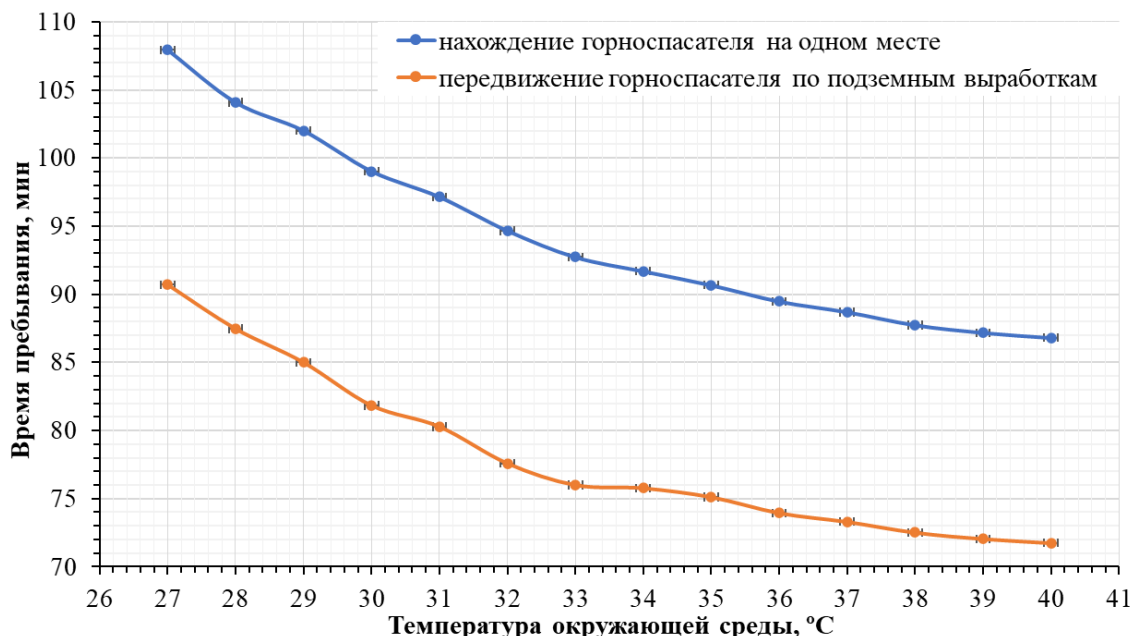
| Наименование оборудования                                    | Характеристика                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| АСВ Dräger PSS 5000 (двухбаллонный)                          | рабочее давление – 29,4 МПа;<br>редуцированное давление – 0,65–1 МПа;<br>максимальная производительность легочного автомата – 400 л/мин                                  |
| Баллон к АСВ металло-композитный облегченный ВМК 6,8-139-300 | рабочее давление – 29,4 МПа;<br>емкость – 6,8 л (+0,1 %);<br>масса порожнего баллона (не более) – 3,55±0,1 кг;<br>температурный диапазон эксплуатации – от –50 до +60 °С |
| Тепловая пушка BALLU BHP-M-36                                | максимальная производительность – 2400 м³/ч;<br>максимальная площадь обогрева – 375 м²;<br>нагрев воздуха (дельта температуры) – 44 °С                                   |

**Таблица 2. – Средства измерений**

| Наименование             | Диапазон измерений                                                          | Цена деления      | Погрешность                                                     |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Секундомер Интеграл С-02 | 0 ч 00 мин 00 с – 9 ч 59 мин 59,99 с                                        | 0,01 с            | $\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_{\text{изм}} + 0,01 \text{ с})$ |
| Термометр UniTesS THB 2  | температуры воздуха – 0–50 °С;<br>относительной влажности воздуха – 10–90 % | 0,01 °С;<br>0,1 % | $\pm 0,1 \text{ °С};$<br>$\pm 3 \text{ %}$                      |

*Примечание.* Средства измерений внесены в государственный реестр средств измерений Республики Беларусь<sup>3</sup> и на период проведения исследований имели действующие аттестаты, свидетельства о поверке и/или калибровке. Условия проведения исследований соответствовали условиям эксплуатации измерительного оборудования.  $T_{\text{изм}}$  – измеренное секундомером время, с.

Результаты исследований представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3. – Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости времени непрерывного пребывания горноспасателей в непригодной для дыхания среде от температуры окружающей среды в ЗВТ**

<sup>3</sup> Государственный реестр средств измерений (стандартных образцов) Республики Беларусь // Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений. – URL: [https://oei.by/grsi?GrsiSearch\[grsi\\_status\]=1](https://oei.by/grsi?GrsiSearch[grsi_status]=1) (дата обращения: 14.02.2025).

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что при температуре окружающей среды от 27 до 40 °С продолжительность непрерывного пребывания горноспасателей в ЗВТ изменяется в диапазоне 108–87 мин при нахождении горноспасателя на одном месте. При передвижении горноспасателя по ЗВТ указанное время в среднем на 21 % меньше и меняется в диапазоне 91–72 мин. При этом средний расход воздуха в первом случае составил  $43,5 \pm 1,2$  л/мин, во втором –  $52,5 \pm 1,5$  л/мин (табл. 3).

**Таблица 3. – Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости времени непрерывного пребывания горноспасателей в непригодной для дыхания среде от температуры окружающей среды в подземных выработках**

| Температура воздуха, °С | Время непрерывного пребывания работников в непригодной для дыхания атмосфере, мин |                         | Расход воздуха из АСВ, л/мин  |                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
|                         | При нахождении на одном месте                                                     | При передвижении по ЗВТ | При нахождении на одном месте | При передвижении по ЗВТ |
| 27                      | 108                                                                               | 91                      | 37,8                          | 45,0                    |
| 28                      | 104                                                                               | 87                      | 39,2                          | 46,6                    |
| 29                      | 102                                                                               | 85                      | 40,0                          | 48,0                    |
| 30                      | 99                                                                                | 82                      | 41,2                          | 49,9                    |
| 31                      | 97                                                                                | 80                      | 42,0                          | 50,8                    |
| 32                      | 95                                                                                | 78                      | 43,1                          | 52,6                    |
| 33                      | 93                                                                                | 76                      | 44,0                          | 53,7                    |
| 34                      | 92                                                                                | 76                      | 44,5                          | 53,8                    |
| 35                      | 91                                                                                | 75                      | 45,0                          | 54,3                    |
| 36                      | 89                                                                                | 74                      | 45,6                          | 55,2                    |
| 37                      | 89                                                                                | 73                      | 46,0                          | 55,7                    |
| 38                      | 88                                                                                | 73                      | 46,5                          | 56,3                    |
| 39                      | 87                                                                                | 72                      | 46,8                          | 56,6                    |
| 40                      | 87                                                                                | 72                      | 47,0                          | 56,9                    |

Далее, на основании результатов приведенных исследований и анализа научной литературы по теме публикации [1–14], а также с учетом требований действующих нормативных правовых актов<sup>4</sup>, приведем рекомендации по проведению горноспасательных работ в условиях высоких температур в ЗВТ, а также в случае возникновения других аварий.

В условиях, когда требуется выполнение работ в среде с высокими температурами и влажностью, необходимо принять меры для снижения этих параметров и создания более благоприятных условий. Это может быть достигнуто с помощью систем вентиляции или охлаждения. Работники, выполняющие задачи в таких условиях, должны быть обеспечены индивидуальными и групповыми средствами защиты от воздействия тепла, такими как специальная одежда или куртки.

Отделение ГСС (далее – отделение), работающее в ЗВТ, должно состоять не менее чем из пяти горноспасателей, включая командира отделения. В тоннели метро, сооружения большой протяженности (площади) для работы в ЗВТ направляются не менее двух отделений, объединенных одной задачей. В этом случае один из командиров отделений назначается старшим. Для обеспечения безопасности работающих в ЗВТ необходимо выставлять пост безопасности (далее – ПБ) – временный пост для осуществления контроля за работой отделений. Постовой поста безопасности обязан:

- перед входом отделения в ЗВТ проверить наличие и приведение в действие датчиков контроля неподвижного состояния, внести сведения о газодымозащитниках звена и наименьшее давление в баллонах в планшет постового поста безопасности;
- проводить расчеты допустимого времени работе отделений в ЗВТ;
- осуществлять контроль за количеством горноспасателей, ушедших в ЗВТ и возвратившихся из нее;

<sup>4</sup> Об утверждении правил по обеспечению промышленной безопасности при проходке горных выработок для строительства подземных сооружений: постановление М-ва по чрезв. сит. Респ. Беларусь от 13 ноября 2014 г. № 30: в ред. от 23 февраля 2018 г. № 10 // Департамент по надзору за безопасным ведением работ в промышленности М-ва по чрезв. сит. Респ. Беларусь. – URL: <https://gospromnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/7bd/20.pravila-po-obespecheniyu-promyshlennoy-bezopasnosti-pri-prokhodke-gornykh-vyrabotok-dlya-stroitelstva-podzemnykh-sooruzheniy.pdf> (дата обращения: 11.03.2025).

– при выходе отделения непосредственно к месту ликвидации аварии выяснить наименьшее давление АСВ в отделении и рассчитать давление, при котором необходимо начать выход из ЗВТ;

– при работе через каждые 10 мин, а при необходимости чаще, запрашивать у командира отделения информацию о наименьшем давлении АСВ в отделении, информировать о давлении, при котором отделению необходимо начать движение на выход из ЗВТ;

– поддерживать связь с отделением, работающим в ЗВТ, с помощью средств связи, выполнять указания командира отделения при необходимости его взаимодействия с руководителем ликвидации аварии (далее – РЛА);

– при нарушении связи с отделением, поступлении сообщения о несчастном случае или задержке его возвращения немедленно докладывать об этом РЛА и действовать в соответствии с его указаниями;

– не допускать в непригодную для дыхания среду работников (людей) без АСВ, а также имеющих АСВ, но не входящих в состав отделения или имеющих АСВ разного типа;

– вести наблюдение за обстановкой по внешним признакам, состоянием строительных конструкций в месте размещения поста безопасности, обо всех изменениях немедленно докладывать РЛА и командиру отделения, находящемуся в ЗВТ. Если отделению грозит опасность, немедленно вызвать его на чистый воздух, доложить об этом РЛА.

Также для организации работы отделений необходимо создавать контрольно-пусковой пункт (далее – КПП), возглавляемый начальником КПП (далее – НКПП).

Для безопасной работы отделений НКПП обязан:

– определить место организации и состав КПП, обеспечить его работу;

– обеспечить готовность отделений к направлению в ЗВТ и информирование личного состава в соответствии с распоряжениями РЛА;

– определять время работы и отдыха отделений, порядок их смены;

– сосредоточить необходимый резерв отделений (из расчета одно резервное отделение на каждое работающее);

– вести учет работающих и находящихся в резерве отделений;

– обеспечить своевременную смену отделений, работающих в ЗВТ;

– поддерживать связь с постами безопасности и контролировать наличие связи между ними и работающими отделениями;

– информировать РЛА о работе отделений;

– организовать контроль за самочувствием личного состава, работающего в АСВ, в том числе (при необходимости) с привлечением для этих целей медицинского персонала.

Запрещается ведение подземных работ в выработках с высокой температурой окружающей среды без резервного отделения и связи с постом безопасности.

При входе в ЗВТ отделение выполняет замеры температуры окружающей среды, концентрации кислорода, метана, оксида углерода в воздухе. Время замера и его результаты заносятся (мелом) на стенку выработки. Командир отделения обязан передать на пост безопасности место, время и результат замера, а также рассчитать допустимое время на движение вперед и ознакомить с данной информацией личный состав, входящий в состав отделения, по возможности записать данные в блокнот. В дальнейшем повторные замеры и корректировка допустимого времени движения вперед производятся через каждые 5 мин.

Если отделение следует вперед в условиях высокой температуры механическим транспортом, то время на обратный путь должно резервироваться из расчета пешего возвращения.

Если истекло допустимое время пребывания или движения вперед, отделение должно прекратить выполнение задачи и немедленно возвратиться из зоны высокой температуры на пост безопасности.

При появлении хотя бы у одного из спасателей признаков плохого самочувствия отделение в полном составе должно немедленно выйти из ЗВТ, сообщив об этом на пост безопасности.

В ЗВТ необходимо принимать все меры предупреждения от перегрева горноспасателей:

– применять противотепловые средства индивидуальной защиты и средства защиты органов дыхания (преимущественно с холодильным устройством при их наличии);

– использовать только выданную форменную одежду;

- применять искусственное охлаждение воздуха с помощью имеющихся на объекте технических устройств;
- использовать по возможности нижние части выработок, а также воду, пакеты с охлаждающей смесью или брикеты льда для охлаждения воздухопроводной системы дыхательного аппарата и отдельных частей тела;
- пользоваться подземным транспортом для перевозки отделений и доставки оборудования к месту аварии.

При использовании направляющего троса отделение перед входом в непригодную для дыхания среду закрепляет его у места размещения поста безопасности, а затем прокладывает его к месту работы и закрепляет его. Трос используется как ориентир. При следовании к месту работы и возвращении обратно старший в отделении закрепляется карабином за данный трос и следует первым. Замыкающим назначается наиболее опытный горноспасатель. Убирается трос звеном, возвращающимся последним. Для продвижения отделений в другом направлении также используются направляющие тросы.

**Тушение подземных пожаров.** При подземном пожаре спасательные работы и эвакуация людей не должны сдерживать осуществления первоочередных мер по локализации и тушению очагов пожара. Процесс тушения пожара не должен создавать угрозы эвакуируемым и выполняющим эти работы людям.

РЛА, отправив первые отделения на аварийный участок согласно плану ликвидации аварии, обязан выполнить следующее:

1. Исследовать и оценить эффективность существующей системы вентиляции в подземном сооружении.
2. Определить потенциальные пути распространения огня через существующие выработки, скважины, провалы и другие конструктивные элементы, а также возможные пути подхода к ним.
3. Разработать стратегию ликвидации пожара.
4. Определить оптимальное размещение сил и средств, а также необходимое количество ресурсов для ограничения и тушения пожара.

Вентиляционный режим (режим проветривания) подземного сооружения должен быть устойчивым, управляемым, обеспечивать безопасность ведения подземных работ, способствовать снижению активности пожара и созданию благоприятных условий для его тушения. Установленный режим вентиляции должен предотвращать поступление в зону горения взрывоопасных концентраций горючих газов, самопроизвольное опрокидывание вентиляционной струи и распространение продуктов горения по выработкам, в которых находятся люди.

При тушении подземных пожаров рекомендуются следующие вентиляционные режимы:

- завершение процесса проветривания подземного сооружения;
- поддержание режима вентиляции подземного объекта вплоть до возникновения возгорания;
- регулирование объема воздушных масс, поступающих в область горения, при сохранении вектора движения воздушного потока.

Выбор вентиляционного режима на дальнейших этапах тушения пожара определяется возможностями вентиляционной сети подземного сооружения, а также степенью опасности аварийного объекта по газу метану. При этом следует учитывать также фактические условия аварийной обстановки, место возникновения пожара и скорость его распространения, величину и направление тепловой депрессии.

На этапе выбора способа тушения также необходимо определить способы локализации пожара:

- оптимизация воздухообмена в очаге пожара с целью минимизации поступления кислорода, необходимого для поддержания процесса горения;
- создание препятствий для распространения пламени посредством применения водяных завес, включающих установку временных перегородок, закрытие противопожарных дверей и реализацию иных мер;
- изменение направления воздушных потоков с использованием вентиляционной системы;
- удаление горючих материалов из зоны возгорания или с пути распространения огня;

– применение комплекса мер, направленных на предотвращение распространения пламени, включая использование комбинации описанных методов.

Тушение подземных пожаров осуществляется следующими способами:

– активное тушение, представляющее собой непосредственное воздействие на очаг пожара с использованием огнетушащих средств, таких как вода, пена и другие вещества, которые подаются через трубопроводы, скважины или подводящие выработки;

– для предотвращения доступа кислорода в зону горения применяются специальные изолирующие сооружения, такие как перемишки;

– комбинированный метод, который включает временную изоляцию участка пожара с помощью установки перемишек с последующим вскрытием и активным тушением.

Более подробно рассмотрим каждый из способов тушения.

Если есть возможность добраться до очага пожара, то для тушения подземного пожара используют активные методы. Применяют огнетушители, воду, воздушно-механическую пену и другие средства пожаротушения.

Допускается тушение пожара со стороны исходящей струи воздуха при расположении очага вблизи выработок со свежей струей и при возможности вести такие работы в условиях плотного задымления и высокой температуры.

Для предупреждения распространения пожара по пустотам за крепью горных выработок необходимо извлекать из пустот горючие материалы, устанавливать в них водяные завесы, заполнять пустоты гипсом, пенобетоном и другими негорючими материалами.

При активном тушении пожара необходимо предусмотреть меры, предотвращающие обрушение пород и высыпание горящих масс, которые могут преградить выход отделений с места работы.

Горящие жидкости тушат огнетушащим порошком, пеной, песком, инертной пылью или распыленной водой.

Тушение горящих элементов аккумуляторных батарей необходимо выполнять в средствах защиты органов зрения на случай разбрызгивания электролита. Батарею, находящуюся на зарядке, необходимо предварительно отключить, при возможности рассоединить перемишки секций внутри батареи. Тушение батареи производится огнетушащими порошками, песком, инертной пылью.

Тушение горящих кабелей, электродвигателей, пускателей и другого электрооборудования осуществляется после отключения электроэнергии. В случае тушения оборудования, находящегося под напряжением, необходимо применять только огнетушащие порошки, песок или инертный газ (пыль).

Для предотвращения обильного парообразования струю воды следует направлять не в очаг пожара, а по периферии зоны горения для постепенного снижения температуры очага пожара.

Для одновременного воздействия на очаги распространившегося пожара следует применять методы дистанционного объемного тушения огнетушащим порошком, воздушно-механической или инертной пеной (для образования пены вместо воды используются инертные газы).

Если возникший пожар невозможно потушить путем непосредственного или дистанционного воздействия на очаг огнетушащими веществами (скорость распространения горения превышает скорость тушения имеющимися средствами) или очаг пожара недоступен и возможно взрывоопасное скопление метана и попадание его в зону горения, пожар необходимо изолировать на безопасных расстояниях перемишками, параметры которых рассчитаны с учетом всех опасных факторов (ударная волна, задымление, загазованность, температурный режим, затопление и т.п.).

При возведении перемишек для изоляции пожара необходимо:

– произвести демонтаж и изоляцию воздухопроводов, а также удалить электрические кабели;

– в случае применения инертного газа требуется подготовить или проложить через соединительные элементы трубы для его подачи. Кроме того, следует предусмотреть возможность отбора проб воздуха и измерения его температуры. В соединительный элемент необходимо установить трубу с гидравлическим затвором для отвода воды;

– при необходимости следует укрепить крепь на расстоянии 5–7 м от соединительного элемента.

В процессе ликвидации подземного возгорания необходимо осуществлять непрерывный мониторинг концентрации горючих газов, таких как метан, угарный газ и водород. Кроме того, следует проводить оценку уровня кислорода и других параметров, включая температуру и скорость воздушного потока в шахтах, где происходит пожар. Если концентрация метана в зоне возгорания превышает 1 %, необходимо незамедлительно эвакуироваться. Для успешного тушения пожара требуется применение безопасных методов. Все указания относительно отбора проб воздуха, частоты измерений его расхода и температуры устанавливает РЛА.

**Горноспасательные работы при ликвидации аварий других видов.** При взрыве газа в первую очередь необходимо:

- выявить наиболее вероятный эпицентр взрыва и оценить потенциальную область его распространения;
- на основе полученных сведений установить, какое количество людей может оказаться в зоне поражения, а также определить их возможное местонахождение;
- разработать план по спасению пострадавших и оказанию им первой помощи.

В соответствии с планом ликвидации аварии для оказания помощи людям, застигнутым взрывом, первоприбывшие на объект силы и средства направляются непосредственно на аварийный участок для спасения людей. Также необходимо предусмотреть меры по восстановлению вентиляции аварийного участка, удалению газов из горных выработок и увеличению количества воздуха в наиболее вероятные места нахождения людей.

Для возобновления проветривания участка необходимо восстановить разрушенные вентиляционные устройства. Если они повреждены настолько, что быстрое восстановление невозможно, необходимо возвести временные быстровозводимые вентиляционные устройства (парашютные, парусные, дощатые, надувные перемишки и др.).

При внезапных выбросах горной массы и газа действия горноспасательной службы должны быть направлены на спасение людей и обеспечение интенсивного проветривания загазованных горных выработок. При внезапных выбросах, происшедших в двух или нескольких забоях при одновременном производстве в них сотрясательного взрывания, ликвидация последствий выполняется последовательно, начиная с горных выработок, в которых произошло опрокидывание вентиляционной струи. Подразделение ГСС, ведущее спасательные работы, должно учитывать возможность повторного (запоздалого) внезапного выброса. Поэтому одновременно с выводом людей из застигнутых выбросом горных выработок должна быть усилена крепь, особенно в местах сопряжения горных выработок. Следует обеспечить непрерывную подачу свежего воздуха по горным выработкам и по имеющимся воздухопроводам к местам наиболее вероятного нахождения людей.

Если в загазованной метаном горной выработке оказались люди, нуждающиеся в помощи, поиск и спасение их организуется независимо от концентрации метана в рудничной атмосфере этой подземной выработки. В этом случае для предупреждения взрыва газа, рудничной пыли в ходе ведения спасательных работ необходимо не допускать:

- искрообразования в стационарных и переносных светильниках спасателей при работе в атмосфере с опасным содержанием метана;
- применения электровозов или другого электрооборудования вблизи загазованных горных выработок;
- применения горного инструмента, работа с которым может вызвать искрообразование.

Кроме того, при необходимости следует организовать осаждение рудничной пыли в местах интенсивного пылеобразования, выполнение профилактических мероприятий по предотвращению самовозгорания выброшенного угля и других мер безопасности спасательных работ.

При проникновении в подземные выработки опасных химических веществ первоочередные действия отделений направляются на спасение людей и оказание им помощи, определение состава опасных химических веществ, устранение источника их поступления и предупреждение распространения этих веществ по выработкам.

Выполнение горноспасательных работ по ликвидации последствий проникновения в горные выработки опасных химических веществ допускается специально подготовленными отделениями при наличии у них аппаратуры экспресс-определения и контроля опасных химических веществ, специальных костюмов и средств для защиты кожного покрова и органов дыхания.

На ликвидацию последствий проникновения в горные выработки опасных химических веществ составляются специальные мероприятия (проекты), разрабатываемые с привлечением соответствующих специалистов в области опасных химических веществ. В мероприятиях (проектах) необходимо предусмотреть:

- порядок действий при разгазировании пораженных выработок, способы нейтрализации зараженной зоны специальными веществами или изоляции аварийного участка;
- меры безопасности при ведении аварийно-спасательных работ;
- контроль состава рудничной атмосферы и порядок отбора проб воздуха и шахтной воды;
- организацию связи для передачи информации на пост безопасности, резервным отделением или начальнику боевого участка.

При обрушениях в подземных выработках действия отделений должны быть направлены на установление связи с застигнутыми аварией людьми, их спасение и восстановление проветривания аварийного участка.

Для подхода к людям, застигнутым обрушением, организуется проходка спасательных и обходных поисковых выработок. Для ускорения проходческих работ привлекаются наиболее опытные рабочие и специалисты предприятия.

При разборке завала или проведении обходных горных выработок отделение должно иметь безопасный выход, постоянно следить за состоянием кровли, подтоплением горных выработок, подкреплять горные выработки и не допускать повторного обрушения. Восстановление горной выработки производится после усиления нарушенной (деформированной) крепи.

Работы по разборке обрушившейся горной массы и проведение поисковых выработок следует проводить одновременно из возможно большего числа мест.

При спасении людей, находящихся за завалом в горных выработках, где применяется пневматическая энергия, прекращать подачу сжатого воздуха на аварийный участок запрещается.

При обрушении горных выработок, в непосредственной кровле которых имеются обводненные пески или плывуны, для извлечения пострадавших следует проводить обходные горные выработки.

При обширных обрушениях действующих горных выработок (вследствие горных ударов и др.) следует бурить разведочные и спасательные скважины для оказания помощи пострадавшим.

При прорыве глины, плывунов или заиловочной пульпы в горные выработки действия горноспасательной службы должны быть направлены на установление места и источника аварии, определение мест нахождения людей, оказание им помощи, предупреждение распространения аварии и восстановление нормального проветривания на аварийном участке.

Для подхода к людям, застигнутым аварией, требуется проводить уборку и выпуск прорвавшейся в горные выработки массы, при необходимости проходить специальные горные выработки.

Для спасения людей при прорыве глины, пульпы или плывунов в горные выработки первое отделение направляется по нижнему горизонту против направления прекратившегося движения прорвавшейся массы, а второе отделение – по верхнему горизонту.

При направлении отделения против прекратившегося движения прорвавшейся массы по выработкам, не имеющим запасного выхода на верхний горизонт, необходимо иметь на посту безопасности резервное отделение, которое должно следить за обеспечением своевременного и безопасного обратного выхода работающего отделения и быть в постоянной готовности оказать ему помощь.

При прорыве глины, пульпы и плывунов в горные выработки верхнего горизонта на крутых пластах и на крутопадающих залежах горноспасательные работы должны вестись только с верхнего горизонта. Запрещается подходить под заиленные выработки снизу.

Уборка прорвавшейся в выработки глинистой массы осуществляется путем размыва ее водой и откачки шламовыми насосами либо погрузкой в шахтные вагонетки.

Если подземные работы с верхнего горизонта или поверхности вести невозможно, то выпуск глинистой массы, пульпы из вертикальных и наклонных выработок допускается только под защитой барьерных перемычек, установленных в горизонтальных подземных выработках в непосредственной близости от места выпуска глинистой пульпы и рассчитанных на максимальное динамическое воздействие пульпы. Выпуск массы в этом случае должен

производить один человек. После выпуска массы из восстающей подземной выработки работы по уборке пульпы в горизонтальной подземной выработке во избежание возможного повторного прорыва сверху должны вестись после возведения защитной перемычки в нижней части восстающей выработки.

При заторах, за которыми находится глина или пульпа, выпускать ее следует постепенно через небольшие отверстия в образовавшемся заторе. Если пульпа за затором находится под давлением, то разборка затора не производится.

Запрещается направлять людей в вертикальные и наклонные выработки снизу для непосредственной разборки заторов, за которыми находится пульпа.

### Заключение

В ходе проведения исследований установлены зависимости времени непрерывного пребывания горноспасателей в непригодной для дыхания среде от температуры окружающей среды в подземных выработках (время защитного действия АСВ от температуры окружающей среды). Установлено, что при температуре воздуха от 27 до 40 °С продолжительность непрерывного пребывания горноспасателей в ЗВТ изменяется при нахождении горноспасателя на одном месте в диапазоне 108–87 мин, при передвижении горноспасателя – в диапазоне 91–72 мин. Средний расход воздуха при этом в первом случае составляет  $43,5 \pm 1,2$  л/мин, во втором случае –  $52,5 \pm 1,5$  л/мин.

На основании проведенного анализа литературных источников и опыта зарубежных спасателей представлены основные подходы к ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена: тушению подземных пожаров; проведению горноспасательных работ в условиях высоких температур при задымлении в подземных выработках, при взрыве газа; при проникновении в подземные выработки опасных химических веществ; при обрушениях в подземных выработках; при прорыве глины, плывунов или заиловочной пульпы в горные выработки. Представленная информация составит основу рекомендаций по проведению аварийно-спасательных работ на объектах подземного строительства Минского метрополитена.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, А.В. Горноспасательной службе в транспортном строительстве – 25 лет / А.В. Александров, А.Э. Куплис // Безопасность труда в промышленности. – 2005. – № 1. – С. 31–36. – EDN: JVHADT.
2. Александров, А.В. Безопасность работ при освоении подземного пространства / А.В. Александров // Метро и тоннели. – 2007. – № 6. – С. 31–33. – EDN: UMSAKT.
3. Александров, А.В. Опыт горноспасательного обслуживания строительства транспортных тоннелей в Москве / А.В. Александров // Метро и тоннели. – 2008. – № 1. – С. 37–39. – EDN: ULRAIX.
4. Коган, В.З. Как появилась горноспасательная служба на Метрострое / В.З. Коган // Метро и тоннели. – 2017. – № 3-4. – С. 20–21. – EDN: ZJTGTB.
5. Tianbao, Ma. Research on propagation laws of explosion shock wave inside metro station / Ma Tianbao, Xu Xiangzhao, Ning Jianguo // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2017. – Vol. 46. – P. 54–68. – DOI: 10.1016/j.jlp.2017.01.009.
6. Zhang, Z. Measuring selection diversity of emergency medical service for metro stations: a case study in Beijing / Z. Zhang, L. Jia, Y. Qin // International journal of Geo-Information. – 2018. – Vol. 7, No. 7. – P. 260–275. – DOI: 10.3390/ijgi7070260.
7. Симонов, А.М. Проветривание аварийных участков шахт после внезапных выбросов угля, породы и газа / А.М. Симонов, Н.В. Карнаух, А.В. Агарков // Научный вестник НИИГД «Респиатор». – 2021. – № 3 (58). – С. 68–79. – EDN: QQLPCT.
8. Агарков, А.В. Оценка эффективности внедрения усовершенствованной системы дистанционного отбора проб шахтного воздуха в подразделения горноспасательной службы / А.В. Агарков // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2021. – № 1 (8). – С. 14–22. – EDN: MIPRQA.
9. Симонов, А.М. Правила охраны труда в подразделениях горноспасательной службы / А.М. Симонов, А.В. Мавроди, В.В. Захлебін, А.В. Агарков // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2021. – № 2 (9). – С. 333–342. – EDN: GLLKVV.

10. Симонов, А.М. Методика расчета штатной численности оперативной и оперативно-медицинской служб горноспасательных подразделений / А.М. Симонов, А.А. Всякий, А.В. Мавроди, А.В. Агарков // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – 2022. – № 1 (59). – С. 53–61. – EDN: SKQCPS.
11. Пернебек, К.Б. Мониторинг деформаций сооружений в зоне строительства метрополитена / К.Б. Пернебек, А.М. Абдыбек, С.Т. Солтабаева, М.Б. Нурпеисова // The Scientific Heritage. – 2022. – № 89. – С. 141–144. – DOI: 10.5281/zenodo.6575898. – EDN: OGFKFX.
12. Гайнуллин, Т.Ф. Анализ работы звеньев газодымозащитной службы в условиях ликвидации чрезвычайной ситуации в метрополитене / Т.Ф. Гайнуллин, Е.В. Михеева, М.В. Архипов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 11-2. – С. 137–147. – DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_112\_0\_137. – EDN: XRBCFY.
13. Василевский, А.Л. Строительство подземного пешеходного тоннеля закрытым способом в зоне влияния метрополитена в Минске / А.Л. Василевский // Метро и тоннели. – 2024. – № 1. – С. 2–6. – EDN: FYYEZX.
14. Голубева, Д.А. Влияние взрывообразного разрушения на железобетонные конструкции подземных сооружений / Д.А. Голубева, Г.Л. Шидловский // Метро и тоннели. – 2024. – № 2. – С. 4–7. – EDN: BKFAHC.

Особенности ликвидации аварий в строящихся подземных сооружениях метрополитена  
Particularities of the elimination of accidents in underground subway structures  
under construction

**Морозов Артем Александрович**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной  
аварийно-спасательной техники, доцент  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: morozov@ucpminsk.ru  
SPIN-код: 7482-7284

**Artem A. Morozov**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Rescue Equipment,  
Head of the Chair  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: morozov@ucpminsk.ru  
ORCID: 0000-0001-8079-2578

**Котов Александр Александрович**

Учреждение «Минское городское управление  
МЧС Республики Беларусь», пожарный  
аварийно-спасательный отряд на объектах  
Минского метрополитена, начальник отряда  
Адрес: ул. Иерусалимская, 4,  
220004, г. Минск, Беларусь  
Email: minsk@mchs.gov.by

**Aleksandr A. Kotov**

Institution «Minsk City Department  
of the Ministry of Emergency Situations  
of the Republic of Belarus», Fire Rescue Unit  
at the Facilities of the Minsk Metro,  
Head of the Unit  
Address: Ierusalinskaya str., 4,  
220004, Minsk, Belarus  
Email: minsk@mchs.gov.by

**Богданов Денис Юрьевич**

доктор военных наук, доцент  
Учреждение образования «Военная  
академия Республики Беларусь», кафедра  
тылового обеспечения, начальник кафедры  
Адрес: пр-т Независимости, 220,  
220057, г. Минск, Беларусь

**Denis Yu. Bogdanov**

Grand PhD in Military Sciences, Associate Professor  
Educational Establishment «Military Academy of  
Republic of Belarus», Chair of Logistic Support,  
Head of the Chair  
Address: Nezavisimosti ave., 220,  
220057, Minsk, Belarus

**Казутин Евгений Геннадьевич**

кандидат технических наук  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной  
аварийно-спасательной техники, профессор  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: EKazutin@tut.by

**Evgeniy G. Kazutin**

PhD in Technical Sciences  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Rescue Equipment,  
Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: EKazutin@tut.by  
ORCID: 0009-0008-1498-6284

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.344>

EDN: <https://elibrary.ru/PXGVNU>

## PARTICULARITIES OF THE ELIMINATION OF ACCIDENTS IN UNDERGROUND SUBWAY STRUCTURES UNDER CONSTRUCTION

**Morozov A.A., Kotov A.A., Bogdanov D.Yu., Kazutin E.G.**

*Purpose.* To formulate the main recommendations to the elimination of accidents in underground subway structures under construction.

*Methods.* Empirical research methods are used in the work (determining the dependence of the protective action time of a compressed air breathing apparatus (CABA) on ambient temperature), the method of theoretical analysis of literary sources when evaluating research in the field of accident elimination in underground subway structures under construction. The results were processed using the evaluation method and theoretical generalization of the data obtained.

*Findings.* Based on the conducted experimental studies, the dependences of the time of the protective action of the CABA on the ambient air temperature in underground workings have been determined. The main approaches to the elimination of accidents in underground subway structures under construction have been identified, taking into account the design features of these facilities and the need for special services to cooperate in mine rescue operations.

*Application field of research.* The research results can be used by the Ministry of Emergency Situations when developing recommendations for emergency rescue operations in underground subway structures under construction.

*Keywords:* subway, underground workings, mine workings, accident response, mine rescue service.

(The date of submitting: March 18, 2025)

### REFERENCES

1. Aleksandrov A.V., Kuplis A.E. Gornospasatel'noy sluzhbe v transportnom stroitel'stve – 25 let [Mining rescue service in transport construction – 25 years]. *Occupational Safety in Industry*, 2005. No. 1. Pp. 31–36. (rus). EDN: JVHADT.
2. Aleksandrov A.V. Bezopasnost' rabot pri osvoenii podzemnogo prostranstva [Safety of work during the exploitation of underground space]. *Metro and Tunnels*, 2007. No. 6. Pp. 31–33. (rus). EDN: UMSAKT.
3. Aleksandrov A.V. Opyt gornospasatel'nogo obsluzhivaniya stroitel'stva transportnykh tonneley v Moskve [Experience in mining and rescue services for the construction of transport tunnels in Moscow]. *Metro and Tunnels*, 2008. No. 1. Pp. 37–39. (rus). EDN: ULRAIX.
4. Kogan V.Z. Kak poyavilas' gornospasatel'naya sluzhba na Metrostroe [How the mine rescue service appeared on Metrostroy]. *Metro and Tunnels*, 2017. No. 3-4. Pp. 20–21. (rus). EDN: ZJTGTB.
5. Tianbao Ma, Xiangzhao Xu, Jianguo Ning. Research on propagation laws of explosion shock wave inside metro station. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2017. Vol. 46. Pp. 54–68. DOI: 10.1016/j.jlp.2017.01.009.
6. Zhang Z., Jia L., Qin Y. Measuring selection diversity of emergency medical service for metro stations: a case study in Beijing. *International Journal of Geo-Information*, 2018. Vol. 7, No. 7. Pp. 260–275. DOI: 10.3390/ijgi7070260.
7. Simonov A.M., Karnaukh N.V., Agarkov A.V. Provetrivanie avariynykh uchastkov shakht posle vnezapnykh vybrosov uglia, porody i gaza [Ventilation of accident areas of mines after sudden coal, rock and gas outbursts]. *Nauchnyy vestnik NIIGD «Respirator»*, 2021. No. 3 (58). Pp. 68–79. (rus). EDN: QQLPCT.
8. Agarkov A.V. Otsenka effektivnosti vnedreniya usovershenstvovannoy sistemy dstantsionnogo otbora prob shakhtnogo vozdukha v podrazdeleniya gornospasatel'noy sluzhby [Estimation of the efficiency of implementation of the improved system of remote sampling of mines air samples in the divisions of mining-rescue service]. *Fire and Technospheric Safety: Problems and Ways of Improvement*, 2021. No. 1 (8). Pp. 14–22. (rus). EDN: MIPRQA.
9. Simonov A.M., Mavrodi A.V., Zakhlebin V.V., Agarkov A.V. Pravila okhrany truda v podrazdeleniyakh gornospasatel'noy sluzhby [Rules for labor protection in the units of the mine-rescue service]. *Fire and Technospheric Safety: Problems and Ways of Improvement*, 2021. No. 2 (9). Pp. 333–342. (rus). EDN: GLLKVV.
10. Simonov A.M., Vsyakiy A.A., Mavrodi A.V., Agarkov A.V. Metodika rascheta shtatnoy chislennosti operativnoy i operativno-meditsinskoy sluzhby gornospasatel'nykh podrazdeleniy [Methodology for calculating manpower of operational and operational-medical services of mine-rescue subdivisions]. *Nauchnyy Vestnik NIIGD «Respirator»*, 2022. No. 1 (59). Pp. 53–61. (rus). EDN: SKQCPS.

11. Pernebek K.B., Abdybek A.M., Soltabaeva S.T., Nurpeisova M.B. Monitoring deformatsiy sooruzheniy v zone stroitel'stva metropolitena [Monitoring of deformations of structures in the metro construction zone]. *The Scientific Heritage*, 2022. No. 89. Pp. 141–144. (rus). DOI: 10.5281/zenodo.6575898. EDN: OGFKFX.
12. Gaynullin T.F., Mikheeva E.V., Arkhipov M.V. Analiz raboty zven'ev gazodymozashchitnoy sluzhby v usloviyakh likvidatsii chrezvychaynoy situatsii v metropolitene [Analysis of gas and smoke protection service units work in the conditions of emergency situation elimination in the subway]. *Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*, 2022. No. 11-2. Pp. 137–147. (rus). DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_112\_0\_137. EDN: XRBCFY.
13. Vasilevskiy A.L. Stroitel'stvo podzemnogo peshekhodnogo tonnelya zakrytym sposobom v zone vliyaniya metropolitena v Minske [Construction of an underground pedestrian tunnel by a closed method in the zone of influence of the metro in Minsk]. *Metro and Tunnels*, 2024. No. 1. Pp. 2–6. (rus). EDN: FYYEZT.
14. Golubeva D.A., Shidlovskiy G.L. Vliyanie vzryvoobraznogo razrusheniya na zhelezobetonnye konstruksii podzemnykh sooruzheniy [Influence of explosive destruction on reinforced concrete structures of underground structures]. *Metro and Tunnels*, 2024. No. 2. Pp. 4–7. (rus). EDN: BKFAHC.

Copyright © 2025 Morozov A.A., Kotov A.A., Bogdanov D.Yu., Kazutin E.G.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

**УЧАСТКИ ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ, ГДЕ В 1979–2024 ГГ. ВАРИАЦИИ МЕСЯЧНЫХ СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ЗНАЧИМО СВЯЗАНЫ С ОПЕРЕЖАЮЩИМИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЬ-НИНЬО – ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ****Холопцев А.В., Шубкин Р.Г., Коваль Ю.Н.**

*Цель.* Межгодовые изменения месячных сумм атмосферных осадков, выпадающих на любых территориях в течение пожароопасного сезона и в месяцы, предшествующие ему, являются значимыми факторами пожароопасности по условиям погоды. Поэтому выявление процессов в климатической системе нашей планеты, значимо влияющих на этот процесс на территориях регионов России, находящихся в Сибири, является актуальной проблемой климатологии и безопасности при чрезвычайных ситуациях. Одним из таких процессов может являться Эль-Ниньо – Южное колебание. Состояние этого процесса принято характеризовать рядом глобальных климатических индексов, среди которых к наиболее информативным относится Nino 3-4.

*Методы.* Для проверки гипотезы работы применена методика, основанная на корреляционном анализе связей между рассматриваемыми процессами. При оценке значимости выявленных связей применен критерий Стьюдента.

*Результаты.* Выдвинута гипотеза о существовании на территории Сибири участков, где изменения месячных сумм атмосферных осадков в те или иные месяцы значимо связаны с вариациями индекса Nino 3-4, которые опережают его по времени. Полученные результаты показывают, что для всех месяцев с марта по октябрь, а также для декабря изучаемые связи значимы для многих участков территории Сибири, если изменения рассматриваемого индекса опережают вариации месячных сумм выпадающих на них атмосферных осадков на 1 и 2 месяца. Суммарные площади таких участков, расположенных на юге территории Сибири, а также на территориях Казахстана, Китая и Монголии, максималны для декабря. Такие же участки выявлены и на территориях, относящихся к ландшафтной зоне Тайги. Последнее свидетельствует о том, что влияние процесса Эль-Ниньо – Южное колебание на динамику пожароопасности по условиям погоды на таких участках является значимым.

*Область применения исследований.* Полученные результаты свидетельствуют о возможности их практического применения при моделировании и прогнозировании изменений пожароопасности по условиям погоды для территорий многих регионов Сибири.

*Ключевые слова:* Сибирь, месячные суммы атмосферных осадков, Эль-Ниньо – Южное колебание, пожароопасность по условиям погоды.

(Поступила в редакцию 18 марта 2025 г.)

**Введение**

Месячная сумма атмосферных осадков (далее – МСО), выпадающих в некотором месяце на той или иной территории, – одна из основных характеристик режима увлажнения формирующейся на ней почвы и горючего материала. Она во многом определяет существующие на этой территории экологические условия, состояние биоценоза, а также риски, обусловленные ландшафтными пожарами и многими другими опасными природными явлениями. Поэтому выявление факторов, значимо влияющих на межгодовую изменчивость МСО и способных приводить к возникновению чрезвычайных ситуаций, является актуальной проблемой не только метеорологии и климатологии, но и безопасности при чрезвычайных ситуациях.

Наибольший интерес представляет ее решение для регионов мира с континентальным климатом, обладающих значительными лесными ресурсами, где существенный ущерб их населению и экономике причиняют ландшафтные пожары.

В России многие из таких регионов расположены в Сибири [1]. Среди них по количеству возникающих за год ландшафтных пожаров лидируют Иркутская область, республики Саха (Якутия) и Бурятия, Красноярский и Забайкальский край [2–7]. Все упомянутые регионы относятся к Восточной Сибири и характеризуются резко континентальным климатом и высокой повторяемостью атмосферных блокингов как зимой (малоснежной и очень мороз-

ной), так и в месяцы пожароопасного сезона. Атмосферные осадки и влажный воздух приносят в них в основном циклоны, приходящие с запада, а также с востока и юга, которые образуются не только над Атлантикой, но и над Тихим океаном, где на повторяемость этих процессов существенно влияет Эль-Ниньо – Южное колебание (далее – ЭНЮК) [1].

ЭНЮК – крупномасштабный процесс в системе океан – атмосфера, значительно влияющий на состояние климатической системы нашей планеты, в том числе на межгодовую изменчивость распределения МСО по ее поверхности. Впервые атмосферную составляющую этого процесса – Южное колебание описал в 1923 г. Гилберт Томас Уокер [8], который обнаружил также зональную конвекционную циркуляцию в атмосфере в приэкваториальной зоне Тихого океана, называемую ныне циркуляцией Уокера.

В дальнейшем было установлено, что при ЭНЮК происходят непериодические колебания температур поверхностного слоя воды в центральной и восточной зонах экваториального пояса Тихого океана, изменяется распределение атмосферного давления и МСО над многими регионами Тропического пояса нашей планеты. Это вызывает квазициклические изменения не только характеристик циркуляции Уокера [9; 10], но и атмосферной циркуляции в ее внетропических зонах [11].

Существенные превышения среднееголетних значений температур указанного слоя в восточной и центральной части упомянутого океанического региона (фаза Эль-Ниньо), как правило, продолжаются от 12 до 18 месяцев [12; 13], что приводит к существенному ослаблению пассатов и изменениям распределения МСО в тропическом поясе нашей планеты, показанным (согласно [12]) на рисунке 1.

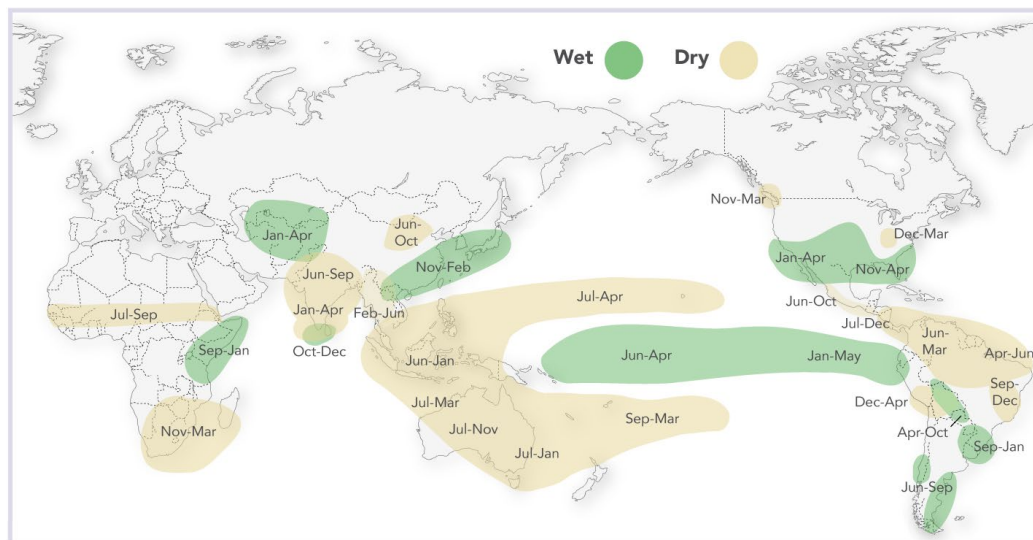


Рисунок 1. – Регионы мира, где в фазе Эль-Ниньо в те или иные месяцы происходят наиболее существенные изменения МСО (согласно [12])

Как видно из рисунка 1, ЭНЮК оказывает наиболее существенное влияние на вариации МСО во многих регионах тропического пояса нашей планеты. В том числе на территории Евразии при Эль-Ниньо МСО уменьшаются с января по сентябрь в ее Южных и Юго-Восточных регионах, а также с июня по октябрь в приграничных районах Китая и Монголии. Увеличение МСО происходит с ноября по февраль на юге Японии и Кореи, а также с января по апрель в Центральной Азии.

Существенное снижение температур поверхностного слоя в том же регионе Тихого океана (фаза Ла-Нинья), которое продолжается приблизительно такое же время, приводит к противоположным последствиям: пассаты активизируются, МСО в период с января по май увеличиваются в Индонезии и Малайзии и уменьшаются в Центральной Азии [10; 11].

Полный цикл таких изменений обычно занимает от двух до семи лет и кроме фаз: Эль-Ниньо и Ла-Нинья содержит также разделяющую их нейтральную фазу.

В период современного потепления глобального климата влияние ЭНЮК на метеорологические условия во многих регионах мира усиливало опасные последствия этого процесса и не раз приводило к возникновению чрезвычайных ситуаций [14; 16].

Установлено, что значимые отклики на изменения состояния ЭНЮК, проявляющиеся в изменении характеристик и повторяемости атмосферных блокингов, могут возникать также в регионах умеренных и высоких широт [11; 15; 16].

Непосредственно на территориях, над которыми происходит блокинг, устанавливается безоблачная погода, а атмосферные осадки прекращаются. При этом на территориях Северного полушария, расположенных к западу от них, влажный воздух движется на север, что приводит к его термической трансформации и усилению там атмосферных осадков [16]. Следовательно, ЭНЮК способно значимо влиять на межгодовую изменчивость МСО и в некоторых регионах мира, расположенных вне Тропического пояса [17–19].

Согласно современным представлениям об ЭНЮК [11; 20–23] данный процесс проявляется во многих геофизических полях, тем не менее наиболее информативными количественными показателями его состояния являются глобальные климатические индексы (ГКИ), которые определяются теми или иными особенностями распределения поверхностных температур и атмосферного давления над экваториальной зоной Тихого океана. Среди таких ГКИ наиболее часто используется индекс Nino 3–4, который определяется аномалией среднемесячных значений температуры поверхности этого океана, осредненной по его экваториальному региону ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ ,  $170^{\circ}\text{W} - 120^{\circ}\text{W}$ ).

Как видим из рисунка 1, ЭНЮК проявляется в существенных изменениях распределения МСО во многих регионах Евразии, среди которых некоторые расположены в непосредственной близости от территорий регионов России, расположенных в Сибири.

Последнее, а также продолжительности фаз процесса ЭНЮК, позволяет предположить наличие значимых откликов на изменения состояния ЭНЮК, проявляющихся в межгодовых вариациях распределении МСО по упомянутой части территории нашей страны.

Выдвинутая гипотеза тривиальной не является. Более того, по мнению некоторых авторов [23], ее справедливость не подтверждают полученные ими результаты, относящиеся к некоторым пунктам территории России.

Учитывая очаговый характер распределения МСО по земной поверхности, упомянутые результаты не позволяют исключить возможность подтверждения рассматриваемой гипотезы для других ее пунктов. Следовательно, осуществление ее полномасштабной проверки для территории Сибири, безусловно, имеет смысл.

Мониторинг изменений МСО на территориях всех регионов России, находящихся в Сибири, уже многие десятилетия осуществляют расположенные в них гидрометеорологические станции Росгидромета, а полученная ими информация учитывается при разработке тех или иных атмосферных реанализов [23]. Среди последних одним из наиболее точных является реанализ ERA-5 [24], поддерживаемый Copernicus. Он содержит сведения о часовых суммах атмосферных осадков, выпадавших в период с января 1940 г. по настоящее время, во всех пунктах земной поверхности, соответствующих узлам координатной сетки Меркатора, с шагом  $0,25^{\circ}$ .

Для тестирования результатов упомянутого реанализа может быть привлечена информация о значениях МСО, выпадавших во многих пунктах Сибири, которая содержится в [24].

Сведения об изменениях значений индекса Nino 3–4 за период 1950–2024 гг. получены из [25]. Тем не менее ранее проверка выдвинутой гипотезы не осуществлялась.

Наибольший практический интерес для разработчиков долгосрочных гидрометеорологических прогнозов и их потребителей представляет выявление участков территории Сибири, где значимыми являлись связи межгодовых изменений индекса Nino 3–4 с вариациями МСО, запаздывающими по отношению к ним на единицы месяцев и в период современного потепления климата, имевшие место как в пожароопасном сезоне (апрель – октябрь), так и в сезоне формирования снежного покрова (декабрь – март).

Целью данной работы являлась проверка выдвинутой гипотезы и выявление таких участков для всех месяцев, в которые атмосферные осадки способны влиять на пожароопасность на этих участках по условиям погоды.

### Основная часть

**Методика исследований.** Как уже отмечалось выше, одним из источников информации об изменениях МСО на различных участках территорий регионов России, расположенных в Сибири, является реанализ ERA-5. Тестирование представленной в нем информации осуществлено с использованием сведений из [24], которые соответствуют 100 пунктам Сибири, относительно равномерно распределенным по ее территории.

При тестировании, основываясь на результатах реанализа, для каждого узла его координатной сетки, вычислены оценки МСО, соответствующие месяцам, для которых в [24] сведения о фактических значениях этого показателя имеются для некоторого пункта территории Сибири, который расположен в непосредственной близости к этому узлу.

В каждый из таких пунктов, с использованием кубического сплайна, осуществлена интерполяция соответствующих по датам результатов упомянутого реанализа, а также осуществлено сравнение полученных оценок с фактическими значениями МСО.

Установлено, что среднеквадратические отклонения полученных оценок МСО для всех учитываемых пунктов территории Сибири и любых месяцев пожароопасного сезона не превышают 10 % от средних значений этих показателей. Последнее свидетельствует о пригодности информации реанализа ERA-5 для получения качественных выводов о значимости связей между изучаемыми процессами. Поэтому для достижения указанной цели как фактический материал об изменениях МСО на различных участках территорий регионов России, расположенных в Сибири, использован реанализ ERA-5.

В качестве фактического материала об изменениях индекса Nino 3-4 использованы временные ряды его значений, соответствующих тому или иному месяцу, представленные в [25].

Методика исследования состояла в оценке значимости статистических связей межгодовых изменений оценок МСО в том или ином пункте территории Сибири, соответствующем каждому относящемуся к ней узлу координатной сетки реанализа, с вариациями индекса Nino 3-4, опережающими их по времени на 1 и 2 месяца.

Решение о значимости рассматриваемых связей принималось, если достоверность такого статистического вывода по критерию Стьюдента превышала 0,95 [26].

Как характеристика связей между изучаемыми процессами рассматривалось значение коэффициента парной корреляции соответствующих временных рядов, охватывающих весь период современного потепления климата (за временные рамки которого приняты 1979 и 2024 гг.).

Перед осуществлением корреляционного анализа значимости связей между такими рядами в каждом из них скомпенсирован линейный тренд. Для полученных при этом результатов оценены количества степеней свободы, которые оказались равны 45. Учитывая это, решение о значимости связи между рассматриваемыми рядами принималось при условии превышения модулем коэффициента их парной корреляции уровня 0,3 (что соответствует достоверности такого вывода по критерию Стьюдента 0,95).

Как следует из изложенного, применяемая методика вполне пригодна для выявления участков территории Сибири, где связи межгодовых изменений МСО для некоторого месяца, с вариациями индекса Nino 3-4, которые опережают их по времени на 1 или 2 месяца, могут быть признаны значимыми.

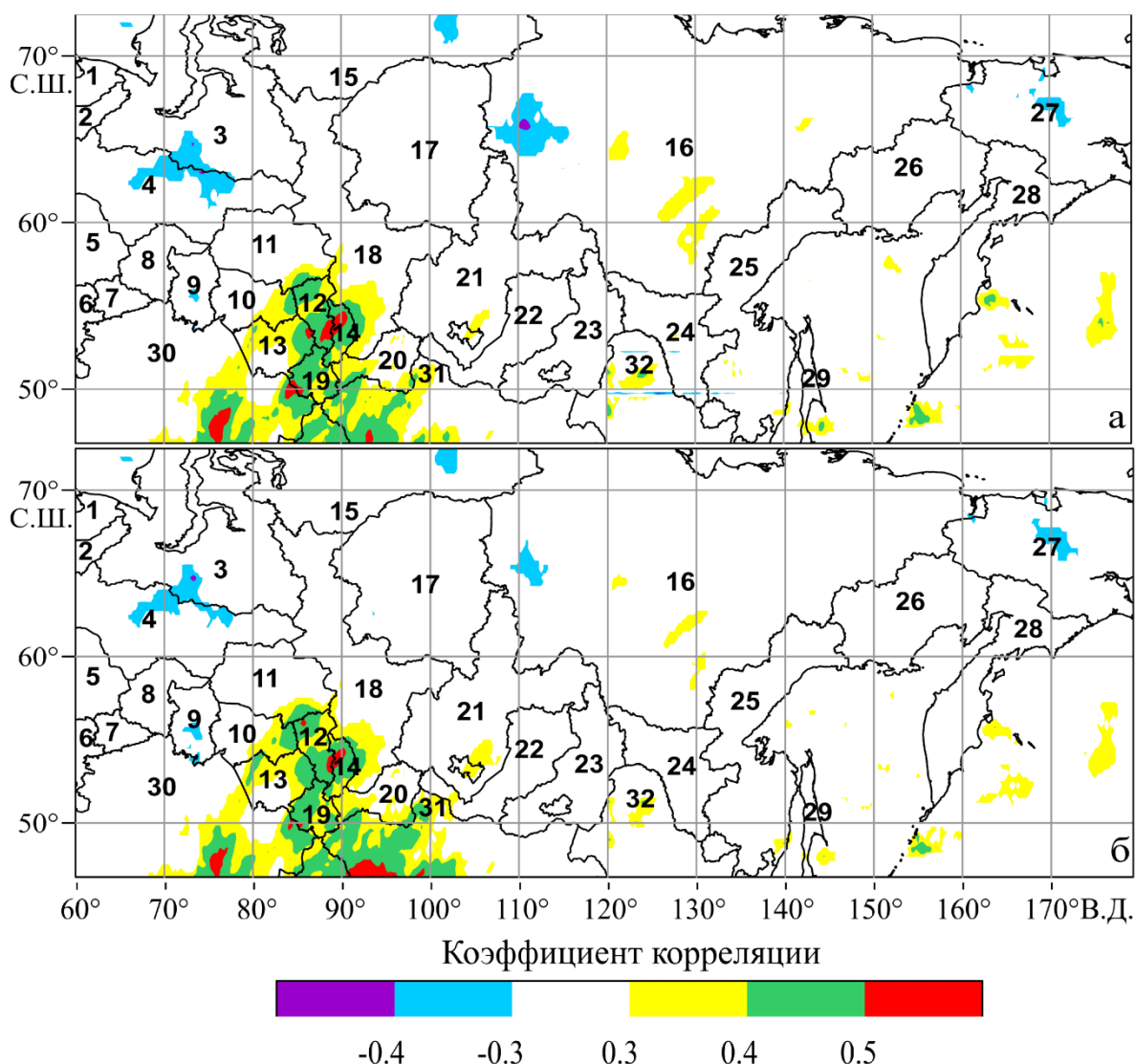
Учитывалось, что значимое влияние на пожароопасность на многих лесопокрытых территориях в месяцы начала пожароопасного сезона способны оказывать атмосферные осадки, выпадающие на них в месяцы формирования на них снежного покрова. Поэтому поиск таких участков производился для всех месяцев, начиная с декабря по октябрь.

**Результаты исследования и их анализ.** В соответствии с изложенной методикой, определены все участки территории регионов России, расположенных в Сибири, для которых в период 1979–2024 гг. значимое влияние на межгодовые изменения МСО для месяцев декабрь – октябрь оказывали вариации индекса Nino 3-4, которые опережают их по времени на 1 или 2 месяца.

На рисунке 2 показаны выявленные таким образом участки, на которых межгодовые изменения МСО для декабря значимо связаны с вариациями индекса Nino 3-4 для ноября и октября.

Как видно из рисунка 2, среди участков территории Сибири, на которых межгодовые изменения МСО для декабря значимо связаны с вариациями индекса Nino 3-4 для ноября и октября, преобладают те, где значимая корреляция этих процессов является положительной.

Как следует из рисунка 2а, связи изучаемого процесса для декабря с вариациями индекса Nino 3-4 для ноября значимы в основном для территорий Кемеровской и Новосибирской области, Алтайского и некоторых южных районов Красноярского края, а также для республик Хакасия, Алтай и Тыва.



Здесь (и далее на рисунках 3–7) используются числовые обозначения регионов России:  
 1 – Ненецкий автономный округ; 2 – Республика Коми; 3 – Ямало-Ненецкий автономный округ;  
 4 – Ханты-Мансийский автономный округ; 5 – Свердловская область; 6 – Челябинская область;  
 7 – Курганская область; 8 – Тюменская область; 9 – Омская область; 10 – Новосибирская область;  
 11 – Томская область; 12 – Кемеровская область; 13 – Алтайский край; 14 – Республика Хакасия;  
 15 – Таймырский (Долгано-Ненецкий) район Красноярского края; 16 – Республика Саха (Якутия);  
 17 – Эвенкийский район Красноярского края; 18 – прочие районы того же края; 19 – республика Алтай;  
 20 – Республика Тыва; 21 – Иркутская область; 22 – Республика Бурятия; 23 – Забайкальский край;  
 24 – Амурская область; 25 – Хабаровский край; 26 – Магаданская область; 27 – Чукотский автономный округ;  
 28 – Камчатский край; 29 – Сахалинская область; **стран:** 30 – Казахстан; 31 – Монголия; 32 – Китай.

**Рисунок 2. – Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для декабря в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Niño 3-4 для месяцев: а) ноябрь; б) октябрь**

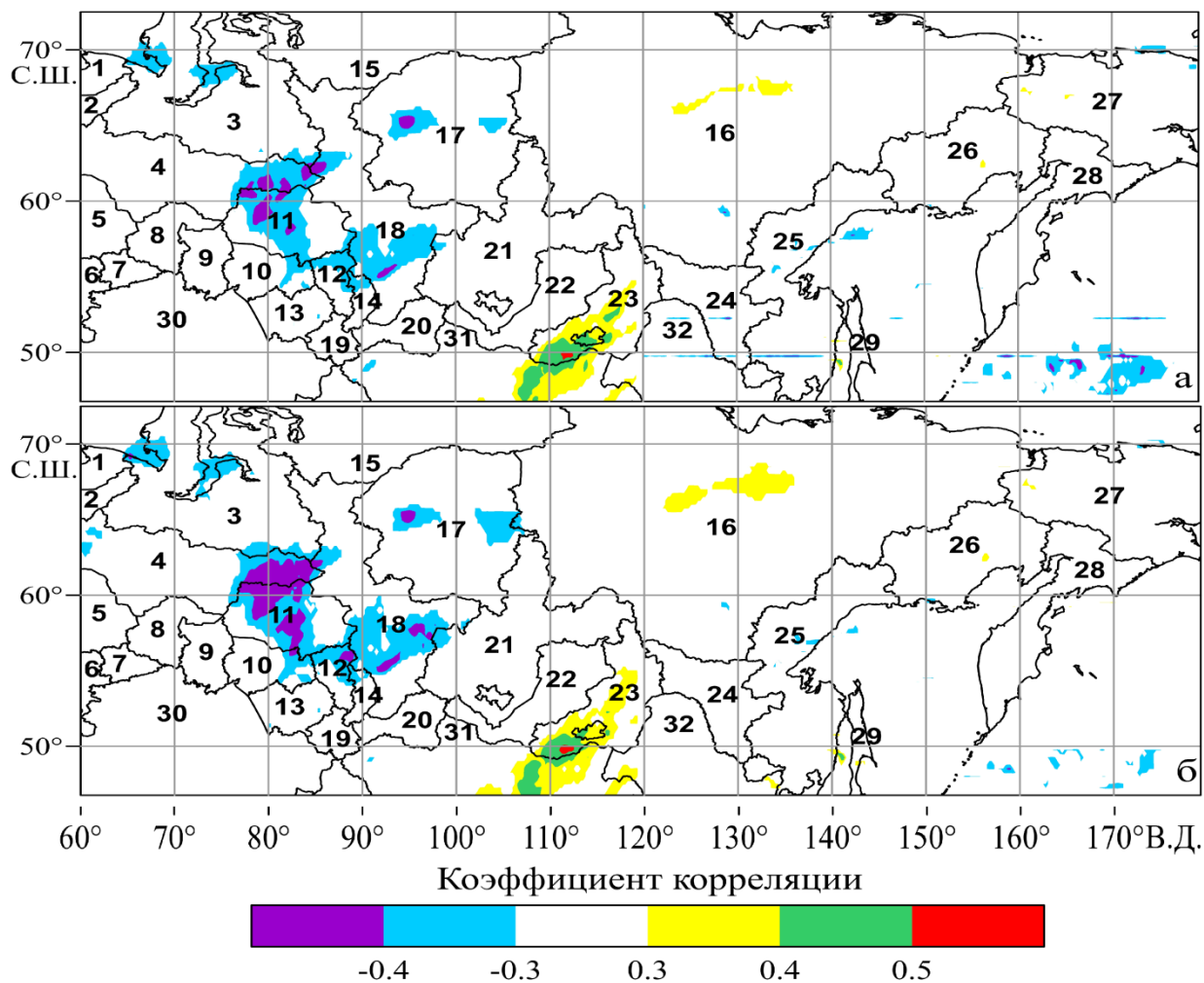
Отдельные участки, где корреляция изучаемых процессов также значима и положительна, находятся на территориях Иркутской области и Республика Саха (Якутия). Аналогичные участки выявлены и на территориях Казахстана, Монголии и Китая.

Следует отметить, что указанные результаты удовлетворительно соответствуют выводам ВМО о расположении территорий, где при наступлении фазы Эль-Ниньо (происходящем в декабре) происходит наиболее существенное увеличение МСО (рис. 1).

Нетрудно видеть, что на территории Сибири существуют участки, где МСО в декабре при увеличении Niño 3-4 для ноября в период 1979–2024 гг., как правило, значимо снижались. Такие участки расположены на территориях Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского и Чукотского автономных округов, Таймырского Долгано-Ненецкого района Красноярского края, а также Мирнинского района Якутии.

Из рисунка 2б следует, что участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для декабря значимо и положительно коррелированы с вариациями Nino 3-4 для октября, расположены практически там же, а их площади, как правило, больше (связи сильнее). В то же время размеры аналогичных участков, где корреляция тех же процессов отрицательна, меньше.

Аналогичные особенности выявлены и для расположений участков территории Сибири, где значимыми являются связи изменений МСО для января, а также вариаций Nino 3-4 для января. Для МСО, соответствующих февралю, таких участков практически не выявлено, а для марта их расположение показано на рисунке 3.



Расшифровку числовых обозначений регионов см. на рисунке 2.

**Рисунок 3. – Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для марта в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев: а) февраль; б) январь**

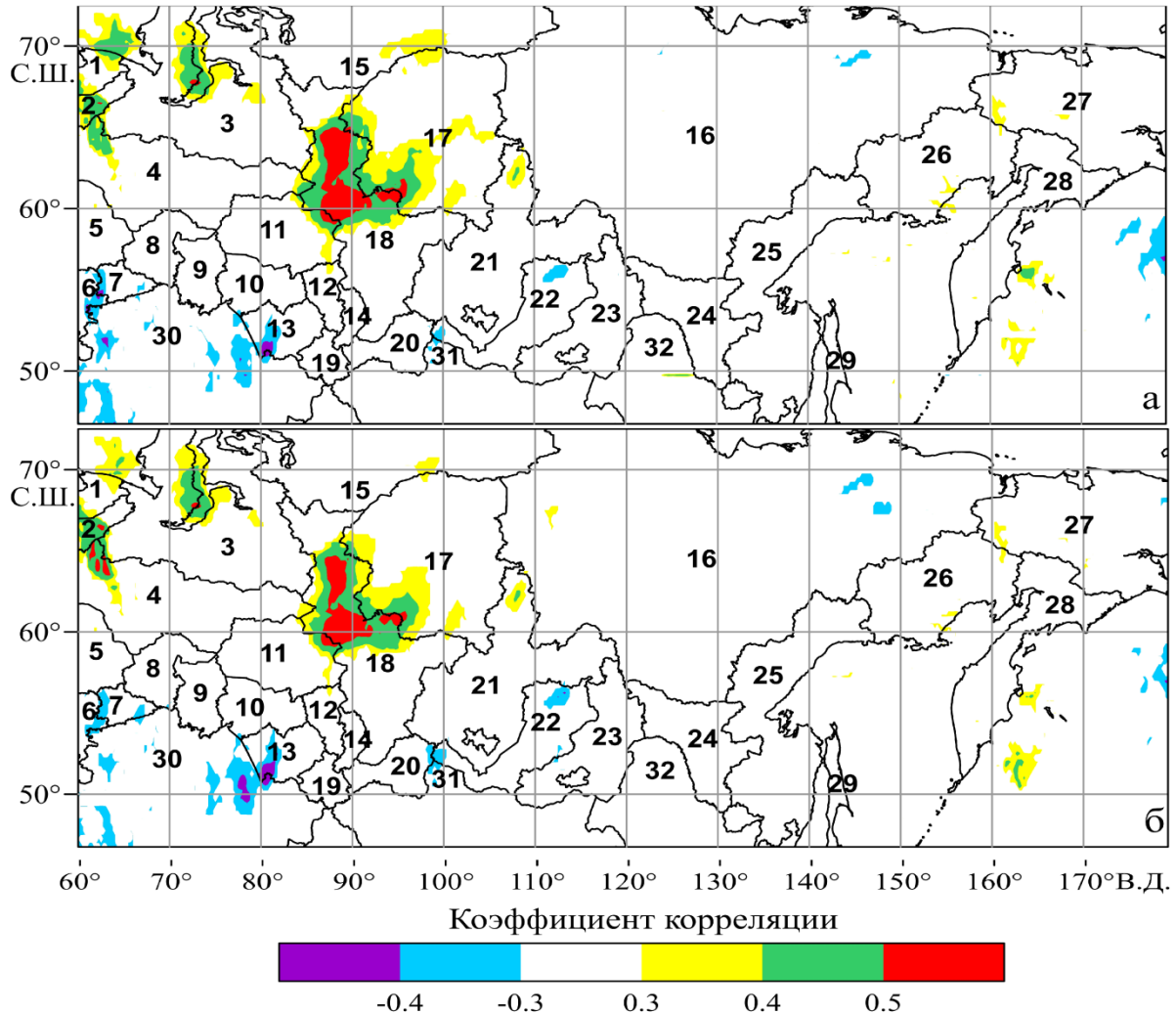
Рисунок 3 свидетельствует о том, что для марта среди участков территории Сибири, где корреляция межгодовых изменений МСО и опережающих их по времени вариаций Nino 3-4 значима, преобладают те, где она является отрицательной.

Из рисунка 3а понятно, что такие участки значимой корреляции временных рядов МСО для марта и Nino 3-4 для февраля находятся на территориях Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского автономных округов, многих районов Красноярского края, Томской, Новосибирской и Кемеровской области, а также Республики Хакасия. Отдельные аналогичные участки обнаружены также на территории Хабаровского края. В то же время участки, где значимая корреляция тех же процессов является положительной, расположены в основном на территории Забайкальского края.

Рисунок 3б показывает, что расположение участков значимой корреляции тех же рядов МСО для марта с рядами Nino 3-4 для января является практически таким же. При этом связи между этими процессами для большинства участков сильнее.

Такие же участки обнаружены и на территориях Монголии.

На рисунке 4 показаны участки территории Сибири, где связи межгодовых изменений МСО для апреля с вариациями индекса Nino 3-4 для марта и февраля, являются значимыми.



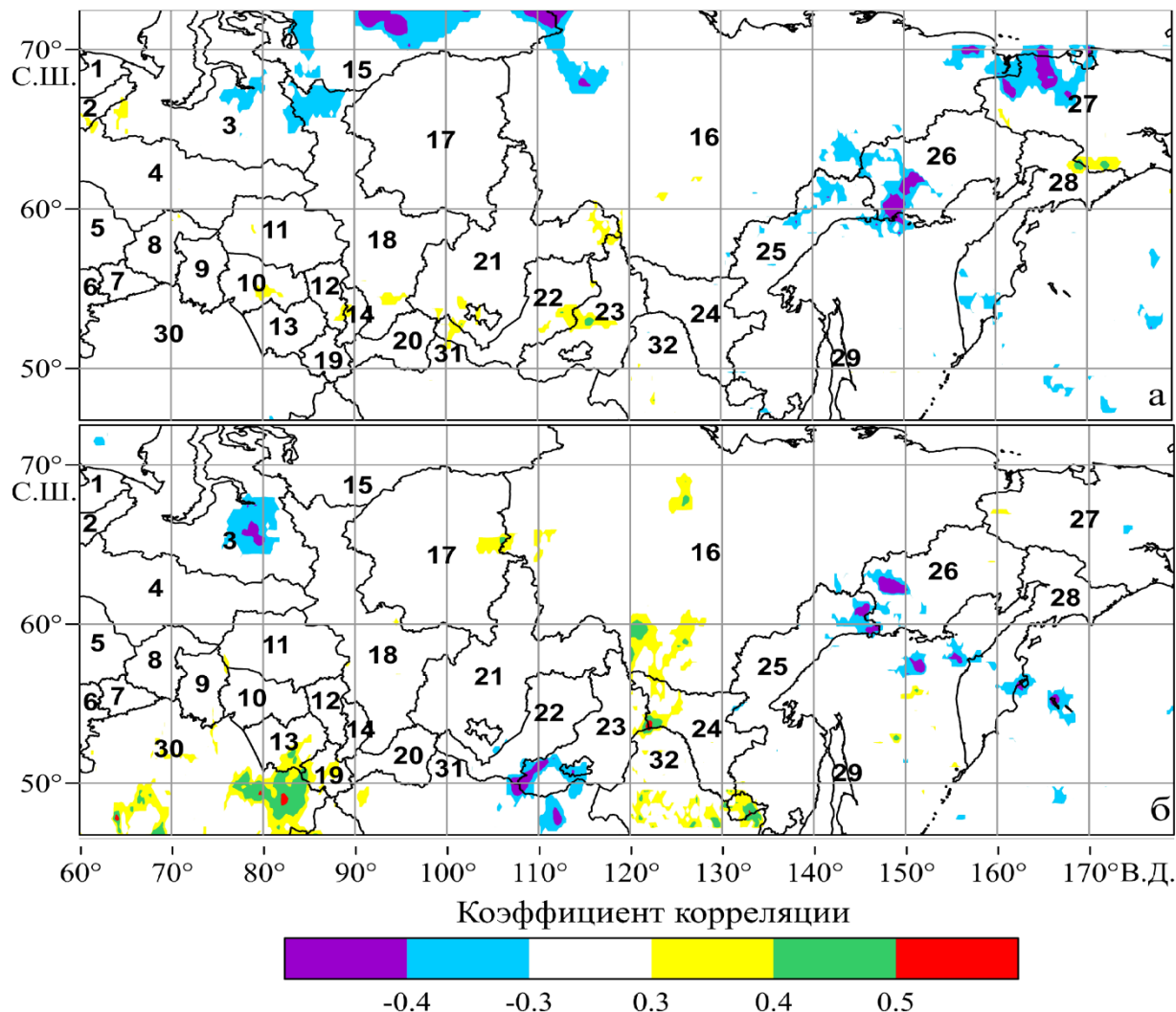
Расшифровку числовых обозначений регионов см. на рисунке 2.

**Рисунок 4. – Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для апреля в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев: а) март; б) февраль**

Из рисунка 4а следует, что участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для апреля в период 1979–2024 гг. значимо и положительно коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для марта преобладают в Туруханском районе Красноярского края. Встречаются такие участки и на территориях Эвенкийского, Таймырского (Долгано-Ненецкого) районов того же края, а также Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского и Чукотского автономных округов, Иркутской и Магаданской области и Республики Коми. Участки, где значимая корреляция этих же процессов является отрицательной, имеют значительно меньшую общую площадь и находятся на территориях Челябинской, Курганской области, Алтайского края, которые в апреле уже свободны от снега, а также республик Бурятия и Якутия.

Рисунок 4б указывает на то, что участки, где связи межгодовых изменений МСО для апреля и Nino 3-4 для февраля являются значимыми, расположены практически там же, их суммарная площадь несколько меньше в предыдущем случае. Аналогичные участки присутствуют и на территории Казахстана.

На рисунке 5 отображены участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для мая в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев апрель и март.



Расшифровку числовых обозначений регионов см. на рисунке 2.

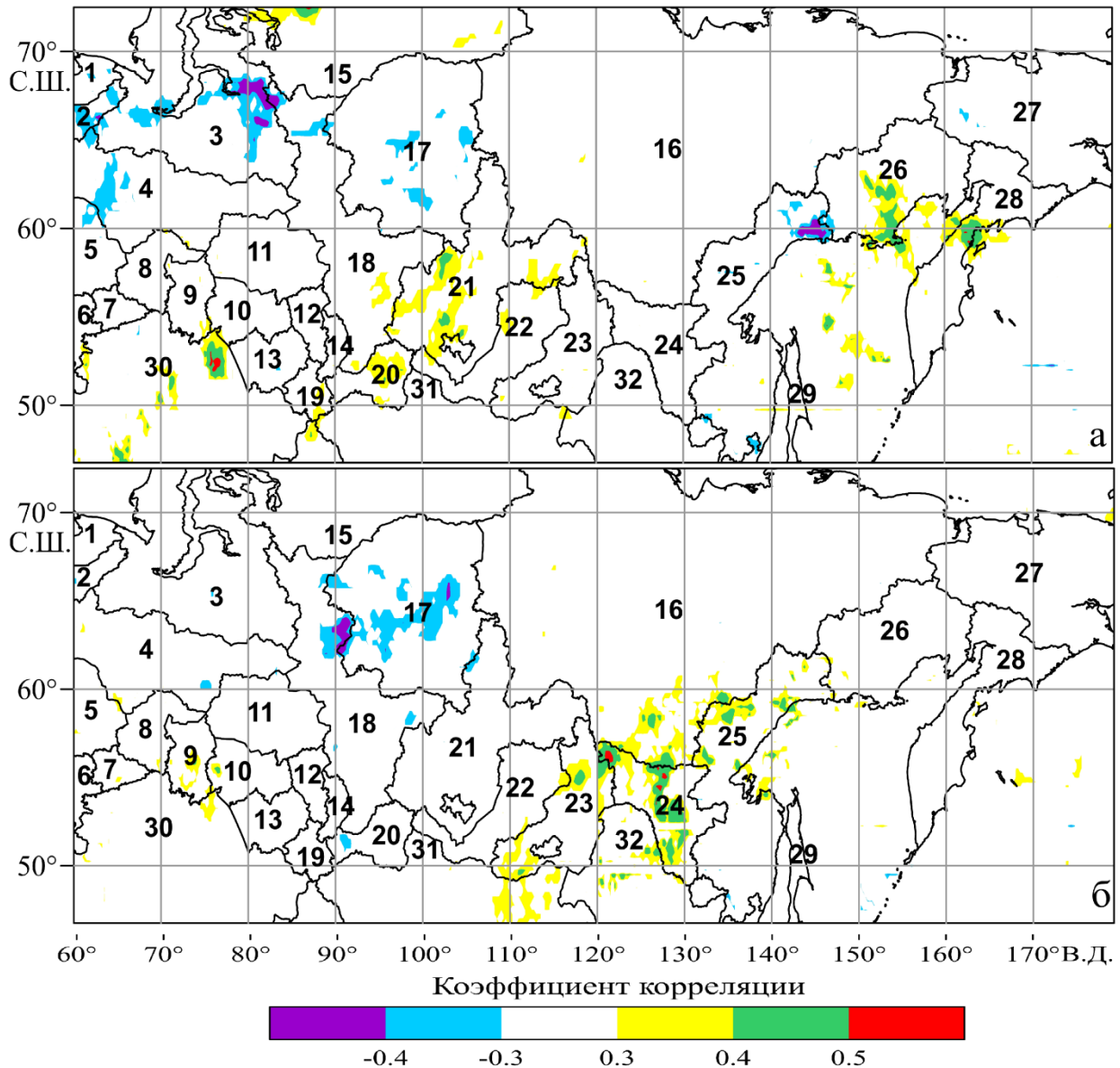
**Рисунок 5.** – Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для мая в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев: а) апрель; б) март

Из рисунка 5а видно, что участки, где межгодовые изменения МСО для мая в период 1979–2024 гг. были значимо и положительно коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для апреля, принадлежат территориям Новосибирской, Кемеровской, Иркутской области, Красноярскому и Забайкальскому краю, а также Республике Бурятия, которые в этом месяце уже освобождаются от снега. Кроме того, они находятся на территориях республик Коми и Якутия, а также Ямало-Ненецкого и Чукотского автономного округа.

Участки, где корреляция тех же процессов значима и отрицательна, также относятся к Таймырскому и Туруханскому районам Красноярского края, Ямало-Ненецкому и Чукотскому автономному округу. Они также расположены в Хабаровском и Камчатском крае, Магаданской области и Республике Саха (Якутия).

Рисунок 5б свидетельствует о том, что участки, где тот же процесс значимо и положительно коррелирован с вариациями Nino 3-4 для марта, расположены на территориях республик Алтай и Саха (Якутия), Алтайского края, Эвенкийского района Красноярского края, а также Амурской области. Значимая и отрицательная корреляция тех же процессов выявлена на участках Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов, Забайкальского, Камчатского и Хабаровского края, а также Магаданской области. Аналогичные участки обнаружены также на территориях Казахстана, Монголии и Китая.

На рисунке 6 показаны участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для июня в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев май и апрель.



Расшифровку числовых обозначений регионов см. на рисунке 2.  
**Рисунок 6. – Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для июня в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев: а) май; б) апрель**

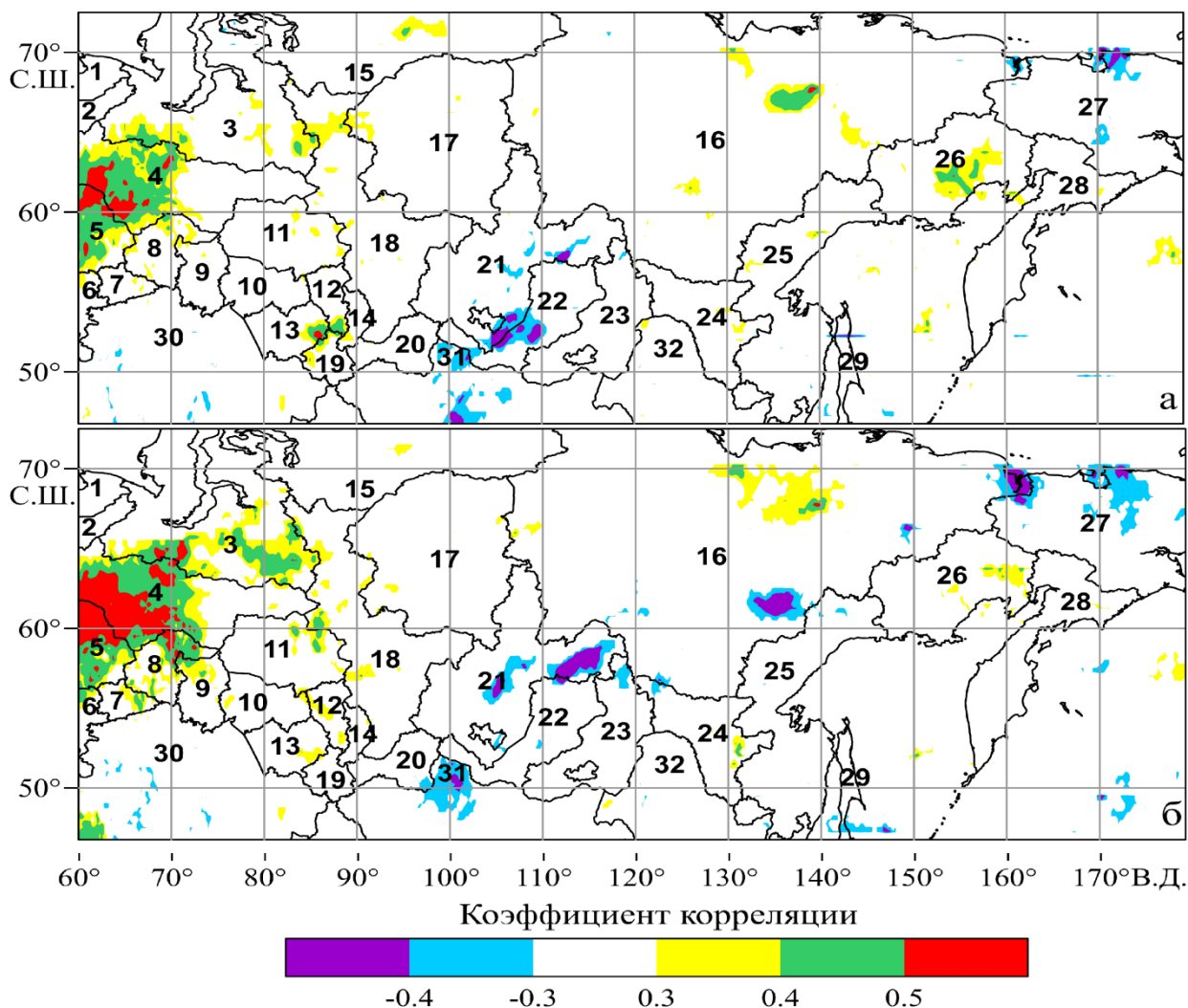
Из рисунка 6а件но, что участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для июня в период 1979–2024 гг. значимо и положительно коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для мая, выявлены в Иркутской, Магаданской области, Камчатском и Красноярском крае, в республиках Тыва и Бурятия.

Участки их значимой отрицательной корреляции обнаружены в пределах Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского и Чукотского автономных округов, а также Хабаровском крае.

Как следует из рисунка 6б, участки, где рассматриваемый процесс значимо и положительно коррелирован с изменениями индекса Nino 3-4 для апреля, обнаружены на территориях Омской, Новосибирской, Амурской области, Забайкальского и Хабаровского края, а также Республики Саха (Якутия).

Участки, где изучаемый процесс значимо и отрицательно коррелирован с изменениями индекса Nino 3-4, выявлены в Красноярском крае, Республике Тыва и Ханты-Мансийском автономном округе. Аналогичные участки выявлены и на территориях Казахстана, Монголии, а также Китая.

Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для июля в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев июнь и май, представлены на рисунке 7.



Расшифровку числовых обозначений регионов см. на рисунке 2.  
**Рисунок 7. – Участки территории Сибири, где межгодовые изменения МСО для июля в период 1979–2024 гг. значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для месяцев: а) июнь; б) май**

Рисунок 7а показывает, что участки, где межгодовые изменения МСО для июля в период 1979–2024 гг. значимо и положительно коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4 для июня, преимущественно расположены на территориях Ханты-Мансийского автономного округа и Свердловской области.

Выявлены такие участки также в Ямало-Ненецком и Чукотском автономных округах, Магаданской, Тюменской, Кемеровской и Амурской области, Алтайском и Красноярском крае, а также республиках Саха (Якутия) и Алтай.

Участки, где значимая корреляция тех же процессов отрицательна, относятся к Иркутской области, Республике Бурятия и Чукотскому автономному округу.

Рисунок 7б свидетельствует о том, что значимая и положительная корреляция рассматриваемого процесса, а также вариаций индекса Nino 3-4 для мая, выявлена на многих участках территории Сибири. Такие участки принадлежат Ханты-Мансийскому и Ямало-Не-

нецкому автономным округам, Свердловской, Магаданской, Тюменской, Челябинской, Курганской, Омской, Томской, Новосибирской, Кемеровской и Амурской области, а также Алтайскому, Красноярскому краю и Республике Саха (Якутия).

Значимая отрицательная их корреляция выявлена для ряда участков территории Иркутской области, Чукотского автономного округа, а также республики Саха (Якутия).

Для месяцев пожароопасного сезона с августа по октябрь суммарные площади участков, где связи межгодовых изменений МСО с вариациями индекса Nino 3-4, опережающими их на 1 и 2 месяца, являются значимыми, существенно меньше. Для территорий Казахстана, Монголии и Китая выявлены аналогичные участки.

Для августа среди них преобладают участки значимой положительной корреляции, которые выявлены на территориях Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского и Чукотского автономных округов, Эвенкийского и Туруханского районов Красноярского края, Томской области, а также Нижнеколымского и Мирненского районов (улусов) Республики Саха (Якутия).

Для сентября на территории Сибири более распространены участки значимой отрицательной корреляции. Они обнаружены в пределах Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, Таймырского (Долгано-Ненецкого), Эвенкийского и Туруханского районов Красноярского края, Оленекского национального и Алданского улусов Якутии, а также Новосибирской области и Алтайского края.

Для октября участки значимой положительной корреляции рассматриваемых процессов выявлены на территориях Еврейской автономной области, Амурского и Хабаровского районов Хабаровского края. Участки значимой отрицательной корреляции обнаружены в Елизовском и Усть-Большерецком районе Камчатского края.

На рисунке 8 представлены зависимости от месяца общего количества участков территории Сибири, где значимая корреляция изучаемых процессов является положительной, отрицательной и обоих знаков (общее количество участков 49 234).

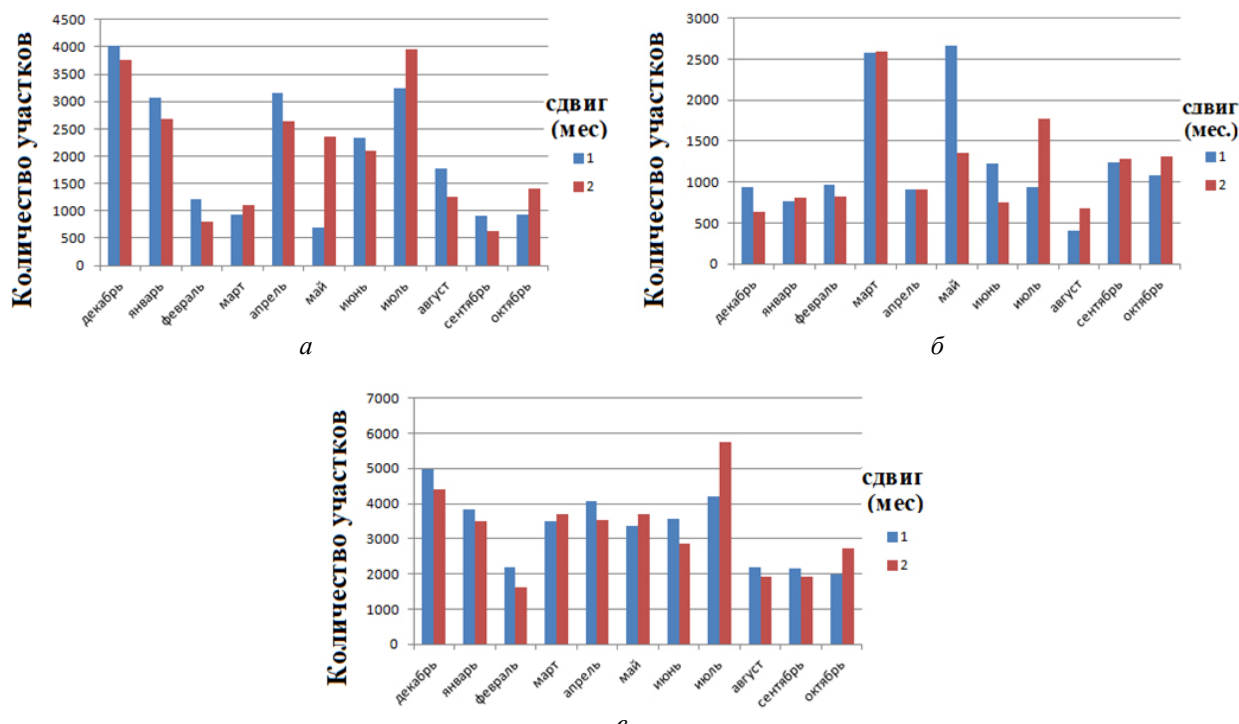


Рисунок 8. – Зависимость от месяца общего количества участков территории Сибири, где связи рядов МСО с рядами индекса Nino 3-4 в период 1979–2024 гг. являлись значимыми, при условии, что их корреляция: а) положительна; б) отрицательна; в) любого знака

Из рисунка 8а видно, что наибольшее количество участков территории Сибири, где корреляция рассматриваемых процессов значима и положительна при сдвиге по времени между ними 1 месяц, соответствует декабрю, а при сдвиге 2 месяца – июлю. Наименьшее количество таких участков приходится соответственно на май и сентябрь.

Рисунок 8б показывает, что наибольшее количество участков территории Сибири, где корреляция рассматриваемых процессов значима и отрицательна при сдвиге по времени

между ними 1 месяц, соответствует маю, а при сдвиге 2 месяца – марту. Наименьшее количество тех же участков приходится соответственно на октябрь и февраль.

Как следует из рисунка 8б, наибольшее количество участков территории Сибири, где корреляция рассматриваемых процессов значима и имеет любой знак, при сдвиге по времени между ними 1 месяц, соответствует декабрю, а при сдвиге 2 месяца – июлю. Наименьшее количество таких участков приходится соответственно на октябрь и февраль.

Следовательно, установлено, что на территории всех регионов России, расположенных в Сибири, для всех месяцев пожароопасного сезона и предшествующих им месяцев сезона образования снежного покрова, существуют участки, на которых межгодовые изменения МСО значимо коррелированы с вариациями индекса Nino 3-4, опережающими их по времени на 1 и 2 месяца. Суммарное количество таких участков в месяцы с декабря по октябрь лежит в пределах 4–12 % от общего количества рассматриваемых участков.

Следовательно, справедливость выдвинутой гипотезы подтверждена, а цель исследования достигнута.

**Обсуждение полученных результатов.** Как следует из полученных результатов, они в полной мере соответствуют существующим представлениям [11; 16; 19] о наличии влияния ЭНЮК на атмосферную циркуляцию и режим выпадения атмосферных осадков в некоторых регионах нашей планеты, расположенных вне ее тропических зон.

При этом некоторые из установленных фактов обладают существенной новизной. К ним относятся:

1. Статистические связи межгодовых изменений МСО, с вариациями индекса Nino 3-4, опережающими их по времени на 1 и 2 месяца для месяцев пожароопасного сезона и сезона формирования снежного покрова, за период современного потепления климата были значимыми для многих участков территории Сибири.

2. Суммарные площади всех таких участков, а также участков, где корреляция изучаемых процессов положительна, максимальны при условии, что межгодовые изменения МСО соответствуют декабрю и июлю.

### Заключение

Таким образом, установлено:

1. На территориях всех регионов России, относящихся к Уральскому, Сибирскому и Дальневосточному федеральным округам, существуют участки, где межгодовые изменения месячных сумм выпадающих на них атмосферных осадков, для месяцев пожароопасного сезона и сезона формирования снежного покрова, значимо связаны с вариациями индекса Nino 3-4, опережающими их по времени на 1 и 2 месяца.

2. Расположение и суммарная площадь таких участков зависят как от месяца, для которого рассматриваются изменения месячных сумм атмосферных осадков, так и от их запаздывания по времени, по отношению к вариациям индекса Nino 3-4. Их суммарная площадь является наибольшей для декабря и июля.

3. Для многих из выявленных участков достоверность выводов о значимости изучаемых связей значительно превосходит 0,95 (что подтверждают соответствующие значения коэффициента корреляции рассматриваемых процессов). Поэтому для них процесс Эль-Ниньо – Южное колебание целесообразно учитывать при моделировании и прогнозирования пожароопасности по условиям погоды.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кобышева, Н.В. Климат России / Н.В. Кобышева, Е.М. Акентьева, Э.Г. Богданова [и др.]. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с.
2. Валендик, Э.Н. Ландшафтные пожары тайги Центральной Сибири / Э.Н. Валендик, Е.К. Кисильхов, В.А. Рыжкова [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2014. – № 3. – С. 73–86. – EDN: SGFQDL.
3. Воробьев, Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; под общ. ред. Ю.Л. Воробьева; МЧС России. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.
4. Мозырев, Н.К. Пожарная безопасность лесов / Н.К. Мозырев, В.А. Корнишин, В.С. Кошкарров // Вестник современных исследований. – 2019. – № 2-1 (29). – С. 60–63. – EDN: PPGJEZ.
5. Иванова, Г.А. Лесные пожары и причины их возникновения на территории средней Сибири / Г.А. Иванова, В.А. Иванов, А.В. Мусохранова, А.А. Онучин // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 6. – С. 6–16. – DOI: 10.15372/SJFS20230602. – EDN: WLJIC.

6. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства: официальный сайт. – Москва. – URL: [https://pushkino.aviales.ru/main\\_pages/index.shtml](https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml) (дата обращения: 10.03.2025).
7. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году» // Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – М., 2023. – 461 с.
8. Walker, G.T. Correlation in seasonal variations of weather. IX. A further study of world weather / G.T. Walker // *Memoirs of the Indian Meteorological Department*. – 1924. – Vol. 24. – P. 275–332.
9. Stewart, R. El Niño and Tropical Heat / R. Stewart // *Our Ocean Planet: Oceanography in the 21st Century*. – Department of Oceanography, Texas A&M University, 2009.
10. Петросянц, М.А. Циркуляция атмосферы в тропиках: климат и изменчивость / М.А. Петросянц, Е.К. Семенов, Д.Ю. Гущина [и др.]. – М.: Макс Пресс, 2005. – 670 с.
11. Мохов, И.И. Климатические аномалии в регионах Евразии: эффекты явлений Эль-Ниньо/Ла-Нинья / И.И. Мохов, А.В. Тимажев // *Доклады Академии наук*. – 2013. – Т. 453, № 2. – С. 211–214. – DOI: 10.7868/S0869565213320200. – EDN: RFLUWT.
12. Петросянц, М.А. Об определении явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья / М.А. Петросянц, Д.Ю. Гущина // *Метеорология и гидрология*. – 2002. – № 8. – С. 24–35. – EDN: SBOGUZ.
13. Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) // Всемирная организация здравоохранения: офиц. сайт. – 2023. – 9 нояб. – URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/el-nino-southern-oscillation-\(enso\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/el-nino-southern-oscillation-(enso)) (дата обращения: 10.03.2025).
14. Gushchina, D. On the relationship between ENSO diversity and the ENSO atmospheric teleconnection to high-latitudes / D. Gushchina, M. Kolennikova, B. Dewitte, S.-W. Yeh // *International Journal of Climatology*. – 2022. – Vol. 42, No. 2. – P. 1303–1325. – DOI: 10.1002/joc.7304.
15. Дзердзеевский, Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии / Б.Л. Дзердзеевский. – М., 1968. – 240 с. – (Материалы метеорологических исследований. Циркуляция атмосферы / Междунар. геофиз. год 1957-1958-1959. Междувед. геофиз. ком. при Президиуме АН СССР).
16. Hsiang, S.M. Civil conflicts are associated with the global climate / S.M. Hsiang, K.C. Meng, M.A. Cane // *Nature*. – 2011. – Vol. 476. – P. 438–441. – DOI: 10.1038/nature10311.
17. Мохов, И.И. Блоклинги в Северном полушарии и Евро-Атлантическом регионе: оценки изменений по данным реанализа и модельным расчетам / И.И. Мохов, М.Г. Акперов, М.А. Прокофьева [и др.] // *Доклады Академии наук*. – 2013. – Т. 449, № 5. – С. 582–586. – DOI: 10.7868/S0869565213110224. – EDN: PYHRSD.
18. Шакина, Н.П. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования / Н.П. Шакина, А.Р. Иванова // *Метеорология и гидрология*. – 2010. – № 11. – С. 5–18. – EDN: NEKSAT.
19. Холопцев, А.В. Продолжительные Арктические вторжения и Эль-Ниньо – Южное колебание / А.В. Холопцев, В.А. Семенов, Н.К. Кононова // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. – 2018. – № 4. – С. 22–32. – DOI: 10.1134/S2587556618040088. – EDN: XXYWCL.
20. Полонский, А.Б. Роль океана в изменениях климата / А.Б. Полонский; Нац. акад. наук Украины, Морской гидрофиз. ин-т. – Киев: Наукова думка, 2008. – 182 с.
21. Нестеров, Е.С. Изменчивость характеристик атмосферы и океана в атлантико-европейском регионе в годы событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья / Е.С. Нестеров // *Метеорология и гидрология*. – 2000. – № 8. – С. 74–83.
22. Груза, Г.В. О связи климатических аномалий на территории России с явлением Эль-Ниньо – Южное колебание / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Л.К. Клещенко, Л.Н. Аристова // *Метеорология и гидрология*. – 1999. – № 5. – С. 32–51.
23. Hoffmann, L. From ERA-Interim to ERA5: the considerable impact of ECMWF's next-generation reanalysis on Lagrangian transport simulations / L. Hoffmann, G. Günther, D. Li [et al.] // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2019. – Vol. 19, No. 5. – P. 3097–3124. – DOI: 10.5194/acp-19-3097-2019.
24. ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present: [database] // Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, 2023. – URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form> (date of access: 10.03.2025). – DOI: 10.24381/cds.bd0915c6.
25. Global climate data: [database] // Weather: website TuTiempo.net. – URL: <https://en.tutiempo.net/climate> (date of access: 10.03.2025).
26. Закс, Ш. Теория статистических выводов / Ш. Закс; пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 776 с.

**Участки территории Сибири, где в 1979–2024 гг. вариации месячных сумм атмосферных осадков значимо связаны с опережающими их изменениями состояния Эль-Ниньо – Южное колебание**

**Areas of Siberia where in 1979–2024 variations in monthly Precipitation amounts are significantly associated with changes in the state of El Niño–the Southern Oscillation anticipatory of these amounts**

**Холопцев Александр Вадимович**

доктор географических наук,  
доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной пожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», кафедра контрольно-надзорной деятельности, профессор

Адрес: ул. Северная, 1,  
662972, г. Железнодорожск,  
Красноярский край, Россия  
Email: kholoptsev@mail.ru  
SPIN-код: 2419-5410

**Aleksandr V. Kholoptsev**

Grand PhD in Geographic Sciences,  
Associate Professor

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Chair of Control and Supervision Activities, Professor

Address: Severnaya str., 1,  
662972, Zheleznogorsk,  
Krasnoyarsk Krai, Russia  
Email: kholoptsev@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-8293-0062

**Шубкин Роман Геннадьевич**

кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной пожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», кафедра инженерно-технических экспертиз и криминалистики, доцент

Адрес: ул. Северная, 1,  
662972, г. Железнодорожск,  
Красноярский край, Россия  
Email: shubkinrg@sibpsa.24.mchs.gov.ru  
SPIN-код: 7720-8060

**Roman G. Shubkin**

PhD in Technical Sciences

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Chair of Engineering and Technical Expertise and Forensics, Associate Professor

Address: Severnaya str., 1,  
662972, Zheleznogorsk,  
Krasnoyarsk Krai, Russia  
Email: shubkinrg@sibpsa.24.mchs.gov.ru  
ORCID: 0009-0007-2252-9748

**Коваль Юлия Николаевна**

кандидат биологических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной пожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», кафедра химии и процессов горения, заведующий кафедрой

Адрес: ул. Северная, 1,  
662972, г. Железнодорожск,  
Красноярский край, Россия  
Email: a\_yulya@inbox.ru  
SPIN-код: 8176-0603

**Yulia N. Koval**

PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Chair of Chemistry and Combustion Processes, Head of the Chair

Address: Severnaya str., 1,  
662972, Zheleznogorsk,  
Krasnoyarsk Krai, Russia  
Email: a\_yulya@inbox.ru  
ORCID: 0000-0001-5482-6439

## AREAS OF SIBERIA WHERE IN 1979-2024 VARIATIONS IN MONTHLY PRECIPITATION AMOUNTS ARE SIGNIFICANTLY ASSOCIATED WITH CHANGES IN THE STATE OF EL NIÑO–THE SOUTHERN OSCILLATION ANTICIPATORY OF THESE AMOUNTS

**Kholoptsev A.V., Shubkin R.G., Koval' Y.N.**

*Purpose.* Interannual changes in monthly amounts of atmospheric precipitation falling in any territory during the fire-hazardous season and in the months preceding it are significant factors of fire hazard based on weather conditions. Therefore, identifying processes in the climate system of our planet that significantly influence this process in the territories of the regions of Russia located in Siberia is a pressing problem of climatology and safety in emergency situations. One of such processes may be El Niño – Southern Oscillation. The state of this process is usually characterized by a number of global climate indices, among which the most informative is Nino 3-4.

*Methods.* To test the hypothesis of the work, a method based on correlation analysis of the connections between the processes under consideration was used. When assessing the significance of the identified connections, the Student criterion was used.

*Findings.* A hypothesis has been put forward about the existence of areas in Siberia where changes in monthly precipitation amounts in certain months are significantly associated with variations in the Nino 3-4 index, which precede it in time. The obtained results show that for all months from March to October, as well as for December, the studied relationships are significant for many areas of the territory of Siberia, if the changes in the index under consideration are ahead of the variations in the monthly amounts of atmospheric precipitation falling on them by 1 and 2 months. The total area of such areas located in the south of Siberia, as well as in Kazakhstan, China and Mongolia, is maximum in December. Similar areas have been identified in the territories related to the Taiga landscape zone. The latter indicates that the influence of the El Niño – Southern Oscillation process on the dynamics of fire danger by weather conditions in such areas is significant.

*Application field of research.* The obtained results indicate the possibility of their practical application in modelling and forecasting of changes in fire danger under weather conditions on the territories of many regions of Siberia.

*Keywords:* Siberia, monthly precipitation, El Niño – Southern Oscillation, fire hazard according to weather conditions.

(The date of submitting: March 18, 2025)

### REFERENCES

1. Kobysheva N.V., Akent'eva E.M., Bogdanova E.G. [et al.]. *Klimat Rossii* [Climate of Russia]. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 2001. 654 p. (rus)
2. Valendik E.N., Kisilyakhov E.K., Ryzhkova V.A., Ponomarev E.I., Danilova I.V. Landshaftnye pozhary taygi Tsentral'noy Sibiri [Landscape fires in the taiga of Central Siberian]. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2014. No. 3. Pp. 73–86. (rus). EDN: SGFQDL
3. Vorob'ev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. *Lesnye pozhary na territorii Rossii: Sostoyanie i problemy* [Forest fires in Russia: Status and problems]. Moscow: DEKS-PRESS, 2004. 312 p. (rus)
4. Mozyrev N.K., Kornishin V.A., Koshkarov V.S. Pozharnaya bezopasnost' lesov [Fire safety of forests]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*, 2019. No. 2-1 (29). Pp. 60–63. (rus). EDN: PPGJEZ.
5. Ivanova G.A., Ivanov V.A., Musokhranova A.V., Onuchin A.A. Lesnye pozhary i prichiny ikh vozniknoveniya na territorii sredney Sibiri [Forest fires and the causes of their occurrence in Central Siberia]. *Siberian Journal of Forest Science*, 2023. No. 6. Pp. 6–16. (rus). DOI: 10.15372/SJFS20230602. EDN: WLJHC.
6. *Informatsionnaya sistema distantsionnogo monitoringa Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva* [Remote Monitoring Information System of the Federal Forestry Agency]: official website. Moscow. URL: [https://pushkino.aviales.ru/main\\_pages/index.shtml](https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml) (accessed: March 10, 2025). (rus)
7. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territoriy Rossiyskoy Federatsii ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2022 godu»* [State report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2022»]. Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. Moscow, 2023. 461 p. (rus)
8. Walker G.T. Correlation in seasonal variations of weather. IX. A further study of world weather. *Memoirs of the Indian Meteorological Department*, 1924. Vol. 24. P. 275–332.

9. Stewart R. El Niño and Tropical Heat. *Our Ocean Planet: Oceanography in the 21st Century*. Department of Oceanography, Texas A&M University, 2009.
10. Petrosyants M.A., Semenov E.K., Gushchina D.Yu., Sokolikhina E.V., Sokolikhina N.N. *Tsirkulyatsiya atmosfery v tropikakh: klimat i izmenchivost'* [Atmospheric circulation in the tropics: climate and variability]. Moscow: Maks Press. 2005. 670 p. (rus)
11. Mokhov I.I., Timazhev A.V. Climatic anomalies in Eurasia from of El Niño/La Niña effects. *Doklady Earth Sciences*, 2013. Vol. 453, No. 1. Pp. 1141–1144. DOI: 10.1134/S1028334X13110123. EDN: SLLWBV.
12. Petrosyants M.A., Gushchina D.Yu. Definition of El Niño and La Niña events. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2002. No. 8. Pp. 16–24. EDN: LHLEVZ.
13. El Niño Southern Oscillation (ENSO). *World Health Organization: official website*. November 9, 2023. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/el-nino-southern-oscillation-\(enso\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/el-nino-southern-oscillation-(enso)) (accessed: March 10, 2025).
14. Gushchina D., Kolennikova M., Dewitte B., Yeh S.-W. On the relationship between ENSO diversity and the ENSO atmospheric teleconnection to high-latitudes. *International Journal of Climatology*, 2022. Vol. 42, No. 2. Pp. 1303–1325. DOI: 10.1002/joc.7304.
15. Dzerdzeevskiy B.L. *Tsirkulyatsionnye mekhanizmy v atmosfere Severnogo polushariya v XX stoletii* [Circulation mechanisms in the atmosphere of the Northern Hemisphere in the 20th century]. Moscow, 1968. 240 p. (rus)
16. Hsiang S.M., Meng K.C., Cane M.A. Civil conflicts are associated with the global climate. *Nature*, 2011. Vol. 476. Pp. 438–441. DOI: 10.1038/nature10311.
17. Mokhov I.I., Akperov M.G., Prokofyeva M.A., Timazhev A.V., Lupo A.R., Le Treut H. Blockings in the Northern hemisphere and Euro-Atlantic region: Estimates of changes from reanalysis data and model simulations. *Doklady Earth Sciences*, 2013. Vol. 449, No. 2. Pp. 430–433. DOI: 10.1134/S1028334X13040144. EDN: RFFCWD.
18. Shakina N.P., Ivanova A.R. The blocking anticyclones: the state of studies and forecasting. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2010. Vol. 35, No. 11. Pp. 721–730. DOI: 10.3103/S1068373910110014. EDN: OBAWGV.
19. Kholoptsev A.V., Semenov V.A., Kononova N.K. Prodolzhitel'nye Arkticheskie vtorzheniya i El'-Nin'o – Yuzhnoe kolebanie [Long Arctic invasion and El-Nino – Southern Oscillation]. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2018. No. 4. Pp. 22–32. (rus). DOI: 10.1134/S2587556618040088. EDN: XXYWCL.
20. Polonskiy A.B. *Rol' okeana v izmeneniyakh klimata* [The role of the ocean in climate change]. Kiev: Naukova dumka, 2008. 182 p. (rus)
21. Nesterov E.S. Variability of atmospheric and oceanic characteristics in the European Atlantic region in the El Niño and La Niña years events. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2000. No. 8. Pp. 43–50. EDN: LGJMND.
22. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya., Kleshchenko L.K., Aristova L.N. O svyazi klimaticheskikh anomalii na territorii Rossii s yavleniem El'-Nin'o – Yuzhnoe kolebanie [On the connection of climatic anomalies in Russia with the phenomenon of El Niño – Southern oscillation]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1999. No. 5. Pp. 32–51. (rus)
23. Hoffmann L., Günther G., Li D., Stein O., Wu X., Griessbach S., Heng Y., Konopka P., Müller R., Vogel B., Wright J.S. From ERA-Interim to ERA5: the considerable impact of ECMWF's next-generation reanalysis on Lagrangian transport simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2019. Vol. 19, No. 5. Pp. 3097–3124. DOI: 10.5194/acp-19-3097-2019.
24. ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present: [database]. *Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store*, 2023. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form> (accessed: March 10, 2025). – DOI: 10.24381/cds.bd0915c6.
25. Global climate data: [database]. *Weather: website TuTiempo.net*. URL: <https://en.tutiempo.net/climate> (accessed: March 10, 2025).
26. Zacks Sh. *Teoriya statisticheskikh vyvodov* [The theory of statistical inference]: translation from English. Moscow: Mir, 1975. 776 p. (rus)

Copyright © 2025 Kholoptsev A.V., Shubkin R.G., Koval' Y.N.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА, РАЗМЫВА ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ И РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ГИДРОУЗЛА

Немеровец О.В.

*Цель.* Разработка и реализация комплексного подхода для моделирования процессов переполнения водохранилища, размыва грунтовой плотины и развития чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла.

*Методы.* Моделирование процессов с учетом методов расчета, включающих уравнение баланса воды для оценки переполнения водохранилища, двухстадийный процесс размыва грунтовой плотины с учетом изменения формы ее профиля, а также уравнения Сен-Венана для моделирования движения воды в нижнем бьефе.

*Результаты.* Разработан комплексный подход моделирования развития чрезвычайной ситуации на гидротехническом объекте вследствие переполнения водохранилища, перелива воды через гребень и размыва грунтового сооружения. На основании полученного гидрографа размываемых расходов в створе грунтовой плотины определены параметры волны прорыва, зоны и уровни затопления в нижнем бьефе гидроузла. Выполнена апробация разработанного комплексного подхода при разработке проектной документации на реконструкцию гидроузла в городе Ошмяны, с моделированием процессов переполнения водохранилища и определением границ затопления территорий нижнего бьефа в зависимости от различной пропускной способности водосбросного сооружения.

*Область применения исследований.* Область применения результатов исследования охватывает несколько ключевых направлений, связанных с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений и прогнозированием возможных аварийных ситуаций. В частности, проектирование и эксплуатация гидротехнических объектов, оценка устойчивости старых гидросооружений, предупреждение и предотвращение чрезвычайных ситуаций. Применение результатов моделирования для оценки потенциального ущерба экосистемам и населенным пунктам, расположенным в зонах риска. Результаты могут быть использованы для разработки нормативных правовых актов, стандартов и рекомендаций по безопасности гидротехнических объектов и зонированию территорий, подверженных угрозе затоплений.

*Ключевые слова:* расход, паводок, водохранилище, напор, уравнение баланса воды, гидрограф паводка, прогноз, авария, гидротехническое сооружение, грунтовая плотина.

(Поступила в редакцию 23 июня 2025 г.)

### Введение

В 1928 г. была создана Международная комиссия по крупным плотинам (МКБП). Одной из важнейших публикаций МКБП, отражающих ее миссию по обмену информацией об авариях, является доклад «Уроки, извлеченные из аварий на плотинах» (1973). С тех пор было подготовлено множество других материалов, в том числе бюллетень № 99 МКБП «Прорыв плотины – статистический анализ». Этот бюллетень классифицирует аварии по типам, возрасту плотин и причинам их возникновения. Он способствует повышению осведомленности проектировщиков о непредвиденных факторах риска, вероятности их возникновения и последовательности событий, которые могут привести к катастрофе. Наиболее распространенными причинами аварий на плотинах являются:

- переливы: часто служат предвестником разрушения. Они могут возникать из-за неправильных расчетов водосбросов, засорения водосбросных сооружений мусором или осадки гребня;
- осадки и неустойчивость откосов;

– внутренняя эрозия: движение грунта внутри конструкции из-за просачивания воды вокруг труб (контактной фильтрации), водосливов, через норы животных или корни растений, трещины в дамбах или фундаменте. Это одна из основных причин разрушения;

– повреждение строительных материалов: разрушение конструктивных элементов вследствие износа или несоблюдения требований технического обслуживания.

Эти факторы требуют постоянного мониторинга и своевременного вмешательства для предотвращения аварийных ситуаций. Также одним из факторов разрушения грунтовых плотин является превышение уровней воды в верхнем бьефе как в результате неудовлетворительного технического состояния затворов или подъемного оборудования, так и в результате изменения гидрологического режима рек и, соответственно, гидрографа паводка или половодья. Усложняется процесс эксплуатации гидроузлов, если водохранилища объединены в каскады, где при прохождении паводков необходимо слаженно регулировать уровни воды в верхних и нижних водохранилищах. Если в этот период не открыть своевременно затворы нижележащего водохранилища, там может произойти подъем уровня воды и подтопление водосбросных отверстий вышележащего объекта. Это приведет к затоплению и снижению пропускной способности отверстий, а также к переливу через гребень вышележащей плотины и возможному разрушению конструкции.

Из 300 аварий плотин (сопровождавшихся их прорывом) в различных странах за 175 лет в 35 % случаев причиной аварии было превышение расчетного максимального сбросного расхода и перелив воды через гребень плотины [1]. Случаи повреждения плотин вследствие катастрофических наводнений очень многочисленны. Например, плотина Шакидор (Shakidor Dam) была построена в 2003 г. в провинции Белуджистан (Balochistan) Пакистана для ирригации близлежащих сельскохозяйственных угодий. После проливных дождей в течение двух недель 10 февраля 2005 г. плотина высотой 150 м обвалилась. В результате было затоплено несколько деревень, более 135 человек погибли [2, с. 88–107]. 5 октября 2007 г. на реке Чу (Chu) во вьетнамской провинции Тханьхоа (Thanh Hóa) после резкого подъема уровня воды прорвало плотину строящейся ГЭС Кыадат (Cua Dat). В зоне затопления оказалось около 5 тысяч домов, 35 человек погибли [3]. Еще одним ярким примером разрушения плотин вследствие наводнения является прорыв дамбы Мачу-2 в штате Гуджарат, Индия, 11 августа 1979 г. Эта земляная дамба была построена в 1972 г. для целей орошения. С 1 по 12 августа 1979 г. в районе шли дожди, наиболее интенсивный ливень наблюдался 11 августа (выпало 237 мм, что соответствует 42 % годовой нормы) [4]. Пропускная способность водосброса составляла 5663 м<sup>3</sup>/с. Фактический наблюдаемый сток после интенсивных дождей достиг 16 307 м<sup>3</sup>/с, что в три раза больше, чем планировалось для плотины, что привело к ее обрушению. В течение 20 мин были затоплены низменные районы промышленного города Морви, расположенного в 5 км ниже плотины. Оценки числа погибших сильно различаются: от 1800 до 25 000 человек [5, с. 151]. Бетонная арочная плотина Мальпассе (Malpasset) была построена в период с 1952 по 1954 г. на р. Рейран (крайний юго-восток Франции). Она предназначалась для целей ирригации и водоснабжения. В период 19 ноября – 2 декабря 1959 г. в районе Мальпассе шли обильные дожди: выпало 500 мм дождевых осадков (при этом в течение последних суток перед аварией – 130 мм). 2 декабря 1959 г. плотина Мальпассе рухнула, город Фрежюс (Frejus), находившийся в 12 км ниже по течению, подвергся практически полному затоплению. В результате наводнения погиб 421 человек [6]. Дополнительная опасность прорыва возникает при наличии автодороги, проходящей не по гребню плотины, а по насыпи за ней. В такой схеме два последовательно расположенных водопропускных сооружения – одно в плотине, другое – в насыпи – могут привести к подтоплению или переливу при невозможности пропуска всех расходов во время сильного паводка. Аналогичная ситуация имела место на водохранилище Меркуловичи Гомельской области: при дождевом паводке произошел перелив через гребень земляной плотины.

Исследования режима изменения уровней воды при каскадном расположении водохранилищ посвящены ряду работ российских ученых [7–9], которые разрабатывали режимы работы гидроузлов на основе сценариев боковой приточности воды к каскаду.

Как отмечается в [7–9], для точного моделирования необходима подробная информация о поперечных сечениях водохранилищ, уклонах и коэффициентах шероховатости. Однако такие данные зачастую отсутствуют.

Если поперечные сечения русловых водохранилищ значительно превышают размеры русла реки, то скорости движения воды при заполнении будут сравнительно малы, что позволяет считать течение неравномерным и приближенно – квазистационарным. В связи с этим

автором статьи предложена методика расчета изменения уровней воды в двух каскадных водохранилищах при пропуске паводка. Она основана на совместном решении дифференциальных уравнений баланса воды без учета неустановившегося движения по длине водохранилищ [10].

В свою очередь, прогнозирование развития и масштабов возможных гидродинамических аварий на водоподпорных гидротехнических сооружениях (ГТС) включает прогнозирование степени разрушения ГТС, параметров волны прорыва, поставарийного состояния русла и поймы в возможной зоне затопления и последствий аварий для населения и территорий в зоне возможного затопления. Расчеты по определению параметров волны прорыва и оценке возможных последствий затопления необходимы при составлении оперативно-тактических планов по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций при авариях на подпорных сооружениях, определении вероятного ущерба от затопления территории в нижнем бьефе гидротехнического сооружения в результате прохождения волны прорыва.

Цель данной работы – моделирование переполнения водохранилища, размыва грунтовой плотины и развития чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла. Предлагается использовать комплексный метод расчета на основе составления моделей процессов: переполнения водохранилища на основе уравнений баланса воды, размыва грунтовой плотины на основе двухстадийного процесса размыва с учетом изменения формы профиля (от трапециевидальной до треугольной или водосливной), а также процессов движения волны на базе уравнений Буссинеска – Сен-Венана для расчета динамики прорывной волны по полученному гидрографу расхода.

## Основная часть

**1. Моделирование переполнения одиночного и каскада водохранилищ.** Прогнозирование переполнения водохранилища предполагается осуществлять с использованием уравнения баланса воды в водохранилище, которое для одиночного водохранилища имеет следующий вид:

$$Q_{\text{пав}} - Q_{\text{вых}} - Q_{\text{и}} = \Omega dH/dt, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{пав}}$  – расчетный расход паводка во входном створе водохранилища,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q_{\text{вых}}$  – расход в створе водосбросного сооружения,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

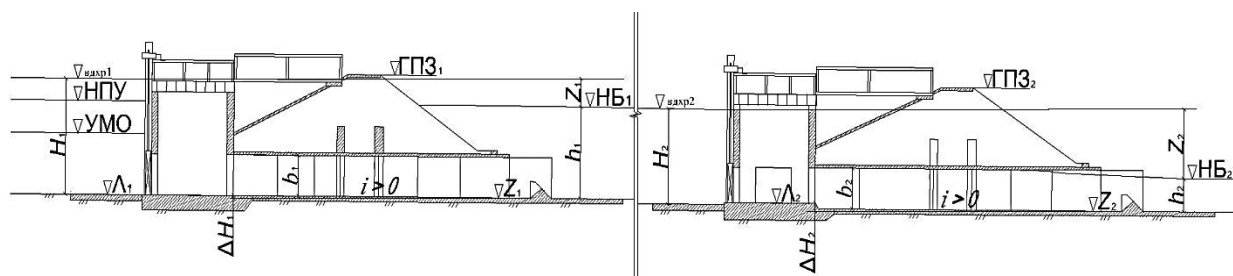
$Q_{\text{и}}$  – расход, используемый для энергетики,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\Omega$  – площадь водной поверхности водохранилища,  $\text{м}^2$ ;

$H$  – напор воды на входе в трубу башенного водосброса, м;

$t$  – время, с.

Рассмотрим каскад водохранилищ, представленный на рисунке 1.



$H_k$  – напор воды на входе в трубы башенных водосбросов в  $k$ -м водохранилище (здесь и далее  $k = 1, 2$ );  
 $\nabla_{\text{вдхр } k}$  – отметка уровня воды в верхнем бьефе  $k$ -го водохранилища;  $\nabla \Lambda_k$  – отметка дна перед башенными водосбросами в  $k$ -м водохранилище;  $\nabla \text{НПУ}$  – отметка нормального подпорного уровня;  $\nabla \text{УМО}$  – отметка уровня мертвого объема;  $\nabla \text{ГПЗ}_k$  – отметка гребня  $k$ -й грунтовой плотины;  $\nabla \text{НБ}_k$  – отметка уровня нижнего бьефа в  $k$ -м водохранилище;  $\nabla Z_k$  – отметка дна на выходе из башенного водосброса в  $k$ -м водохранилище;  
 $b_k$  – высота трубы  $k$ -го башенного водосброса;  $h_k$  – глубина воды в нижнем бьефе за  $k$ -м водосбросным сооружением;  $\nabla H_k$  – разница входного и выходного сечения водосбросного тракта в  $k$ -м башенном водосбросе;  $Z_k$  – разница уровней верхнего и нижнего бьефа в  $k$ -м водохранилище;  
 $i > 0$  – уклон дна транзитной части башенного водосброса

**Рисунок 1. – Схема каскада из двух водохранилищ с земляными плотинами, оборудованными башенными водосбросами**

Формула (1) для каскада из двух водохранилищ примет следующий вид:

$$\begin{cases} \Omega_1 dH_1/dt = Q_{\text{пав}}(t) - Q_{\text{вых}_1}(t, H_1, H_2); \\ \Omega_2 dH_1/dt = Q_{\text{вых}_1}(t, H_1, H_2) - Q_{\text{вых}_2}(t, H_1, H_2), \end{cases} \quad (2)$$

где  $H_k = H_k(t) = \nabla_{\text{вдхр } k}(t) - \nabla \Lambda_k$  ( $k = 1, 2$ ) – напор воды на входе в трубы башенных водосбросов в  $k$ -м водохранилище, м;

$\Omega_k = \Omega_k(H_k)$  – площадь зеркала  $k$ -го водохранилища в зависимости от напора в нем, м<sup>2</sup>;

$Q_{\text{пав}}(t)$  – расчетный расход паводка во входном створе первого водохранилища, м<sup>3</sup>/с;

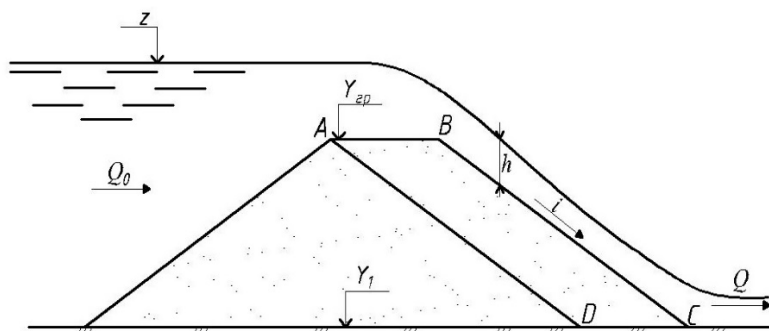
$Q_{\text{вых}_k}(t, H_1, H_2)$  – расход в створе водосбросных сооружений  $k$ -го водохранилища, м<sup>3</sup>/с.

Более подробное описание определения уровней воды в верхнем бьефе при каскадном расположении представлено в работах [11–12].

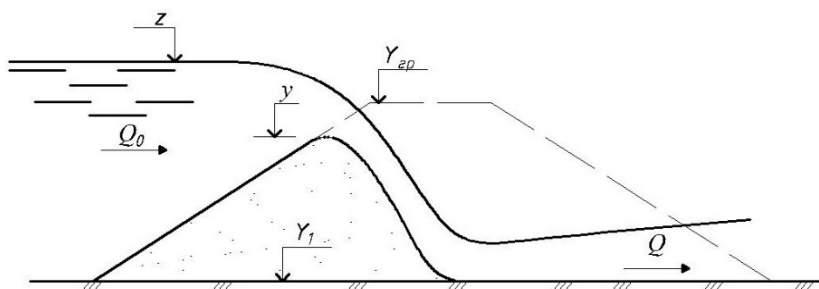
Расчеты с использованием системы уравнений (2) позволяют определить нарастание уровней воды перед плотиной в различные периоды времени и произвести их дальнейшее сравнение с отметкой гребня грунтовой плотины. В случае превышения уровней производится оценка вероятности наступления перелива. В случае наступления такой ситуации выполняется расчет разрушения грунтовой плотины, которое сопровождается образованием прорана и истечением через него в нижний бьеф неустановившегося потока воды в виде волны прорыва. Анализ используемых математических моделей для расчета динамики размыва плотины (особенно ее первой стадии до расширения прорана) показал, что они недостаточно совершенны и базируются на приближенных зависимостях [13–15].

**2. Моделирование размыва грунтовой плотины.** Процесс размыва однородных плотин моделируется в соответствии с методикой, разработанной и описанной в работах [16–17]. Этот процесс разбивается на две стадии.

На первой стадии (рис. 2а) размывается низовой откос, по которому вода движется как по быстротоку. Профиль плотины, вначале трапецеидальный, к концу размыва низовой призмы ABCD принимает форму, близкую к треугольной, причем отметка гребня со стороны верхового откоса остается постоянной.



а – первая стадия



б – вторая стадия

$Z$  – отметка уровня воды в верхнем бьефе;  $Y_{\text{гр}}$  – отметка гребня грунтовой плотины;  $y$  – отметка гребня водослива в пределах прорана (дна прорана);  $Y_1$  – отметка дна реки (лотка);  $Q_0$  – расход, поступающий в верхний бьеф (приточность);  $Q$  – расход воды через проран.

Рисунок 2 – Схема размыва грунтовой плотины при переливе

Вторая стадия (рис. 2б) характеризуется интенсивным снижением гребня, плотина быстро приобретает форму водослива практического профиля, которая, трансформируясь во

времени, сохраняется до конца размыва. В это же время происходит интенсивное расширение прорана.

Процесс разрушения грунтовой плотины и возникновение прорана можно описать с помощью системы 4 дифференциальных уравнений:

1) уравнение для описания первой стадии размыва, т.е. уравнение деформации, взято в работе [16] и преобразовано автором:

$$\frac{dM}{dt} = 0,055 \frac{i^{1,275} (\sigma_n \cdot m_1)^{1,45} (2g)^{0,725}}{n_1^{2,55}} \cdot B \cdot (z - Y_{гр})^{2,175}, \quad (3)$$

где  $0,055 \text{ кг} \cdot \text{с}^3 / \text{м}^{4,75}$  – размерный коэффициент, полученный на основании эмпирических данных;

$M$  – масса грунта низовой призмы, кг;

$i = \sin \alpha_d$  – уклон дна на быстротоке ( $\alpha_d$  – угол наклона низового откоса к горизонту);

$\sigma_n$  – коэффициент подтопления ( $\sigma_n = 1$ , если подтопления нет, и  $\sigma_n < 1$  в противном случае);

$m_1$  – коэффициент расхода водослива;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$ ;

$n_1$  – коэффициент шероховатости поверхности низового откоса,  $\text{с/м}^{1/3}$ .  $n_1 = 0,0324 \cdot d^{1/8}$  при  $h/r$  от 1000 – формула Гончарова [18, с. 132] ( $0,0324 \text{ с/м}^{11/24}$  – размерный коэффициент;  $d$  – средний диаметр частиц размываемого грунта, м;  $h$  – глубина потока, м;  $r$  – радиус частиц размываемого грунта, м);

$B$  – ширина прорана (которая предполагается постоянной в течение 1-й стадии размыва плотины, об этом речь идет ниже), м;

$z$  – отметка уровня верхнего бьефа, м;

$Y_{гр}$  – отметка гребня плотины, м;

2) уравнение для изменения ширины прорана  $B$  в зависимости от времени. В работе К.Р. Пономарчука [19] по итогам гидравлического моделирования были построены графики изменения во времени ширины прорана  $B = B(t)$ , на основании которых была выведена эмпирическая формула развития ширины прорана  $B$  от времени  $t$ :

$$\frac{dB}{dt} = 0,035 \frac{\sqrt{g} h_t^{4,5}}{W_{уд}^2}, \quad (4)$$

где  $h_t = z - y$  – разность уровней воды между верхним бьефом и дном прорана (действующий напор на проране), м;

$W_{уд}$  – площадь поперечного сечения плотины между ее гребнем и дном прорана,  $\text{м}^2$ ;

3) уравнение для отметки  $y(t)$  гребня водослива в пределах прорана (взято из работы [16] и уточнено автором в части определения коэффициентов):

$$\frac{dy}{dt} = - \frac{B \cdot \varepsilon}{\rho} \cdot (\sigma_n m_2)^{0,407} \cdot (z - y)^{0,61}, \quad \varepsilon = 2 \frac{1 - 1,26 \sqrt[3]{m_2^2}}{\beta}, \quad (5)$$

где  $\beta$  – безразмерная постоянная, зависящая от гранулометрического состава размываемого грунта;

$\rho$  – плотность грунта плотины,  $\text{кг/м}^3$ ;

$m_2$  – коэффициент расхода водослива (может и, как правило, отличается от  $m_1$ );

$B$  ( $\text{кг}/(\text{м}^{2,61} \cdot \text{с})$ ) – размерный параметр, вычисляемый по формуле:

$$B = 2,224 \cdot (1 + \varphi) \cdot d \cdot \left( \frac{5,64 n_2 \sqrt{2g}}{\varphi \cdot w} \right)^{3,33} \cdot g^{2,165} \alpha^{-1,962}, \quad (6)$$

где  $2,224 \text{ кг/м}^3$  – размерный коэффициент, полученный на основании эмпирических данных;

$\varphi$  – параметр турбулентности;

$n_2$  – коэффициент шероховатости поверхности прорана,  $\text{с/м}^{1/3}$ ;

$w$  – гидравлическая крупность частиц размываемого грунта,  $\text{м/с}$ ;

$\alpha$  – коэффициент Кориолиса;

4) уравнение для отметки  $z(t)$  верхнего бьефа водохранилища в общем случае имеет вид

$$dz/dt = (Q_0 - Q - Q_C - Q_E)/F(z), \quad (7)$$

где  $Q_0$  – расход, поступающий в верхний бьеф (приточность), м<sup>3</sup>/с;

$Q$  – расход воды через проран, м<sup>3</sup>/с;

$Q_C$  – расход в створах водосбросных сооружений, м<sup>3</sup>/с;

$Q_E$  – расход, используемый для энергетики, м<sup>3</sup>/с;

$F(z)$  – площадь водной поверхности водохранилища при отметке  $z$  верхнего бьефа, которую определяют методом наименьших квадратов по опытным данным для каждого конкретного водохранилища, м<sup>2</sup>.

Расход воды через проран находим как расход воды через водослив:

$$Q = mB\sqrt{2g}(z - y)^{1,5}, \quad (8)$$

где  $m$  – коэффициент расхода размываемого водослива, на первой стадии размыва грунтовой плотины определяется как для водослива с широким порогом, на второй – как для водослива практического профиля.

Далее, после определения расхода воды через проран определяются параметры волны прорыва и границы затопления в нижнем бьефе.

**3. Развитие чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла.** Решение поставленной задачи заключается в моделировании потока в нижнем бьефе с помощью уравнений Сен-Венана. Для решения уравнений требуется знание граничных (на границе прорана и нижнего бьефа) и начальных условий для скорости и глубины потока. Граничные условия можно получить только в результате решения задачи о разрушении грунтовой плотины [16].

Система уравнений Сен-Венана для течения воды в открытом русле произвольного профиля имеет вид [20, с. 32–33; 21, с. 12; 22]

$$a \left[ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{W} \right) \right] + gW \left( \frac{\partial h}{\partial x} + i_f - i_p \right) = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \quad (9)$$

где  $x$  – протяженность по водотоку, м;

$Q = Q(x, t)$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$W = W(x, t)$  – площадь живого сечения потока, находящегося на расстоянии  $x$  от начала потока в момент времени  $t$ , м<sup>2</sup>;

$h = h(x, t)$  – глубина потока, м;

$i_f = i_f(x, t)$  – уклон трения потока;

$i_p = i_p(x)$  – уклон дна реки в нижнем бьефе;

$a$  – коэффициент, учитывающий неравномерное распределение скоростей по живому сечению потока. Отмечается, что имеется достаточно удовлетворительная связь  $a$  с коэффициентом шероховатости по Маннингу  $n$  (с/м<sup>1/3</sup>) [23, с. 35]:  $a = 14,8n + 0,884$  (здесь 14,8 м<sup>1/3</sup>/с – размерный коэффициент), причем, если результат расчета по этой формуле составит значение  $a > 2$ , рекомендуется принимать  $a = 2$ .

Скорость потока  $v$  находим по формуле

$$v(x, t) = Q(x, t)/W(x, t). \quad (10)$$

Уклон трения  $i_f$  потока будем выражать из формулы Шези:

$$i_f = \frac{Q^2}{W^2 C^2 R} = \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}}, \quad (11)$$

где  $R = W(x, t)/P(x, h)$  – гидравлический радиус живого сечения потока, находящегося на расстоянии  $x$  от начала потока и имеющего глубину  $h$ , м;

$P(x, h)$  – смоченный периметр сечения, м;

$C$  – скоростной коэффициент Шези, вычисленный по формуле Маннинга,  $C = \sqrt{R}/n$ , м<sup>0,5</sup>/с.

С учетом (10) и (11) система (9) преобразуется к виду

$$\alpha \left[ \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} \right] + g \frac{\partial h}{\partial x} + g \left( \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}} - i_p \right) = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial (vW)}{\partial x} = 0. \quad (12)$$

Способ описания поверхности в нижнем бьефе, определение граничных и начальных условий для уравнения (9) подробно представлены в статьях [24–25].

Расчет по моделированию изменения уровня воды в водохранилище и определению границ затопления в нижнем бьефе с определением параметров волны прорыва представлен на примере гидроузла в городе Ошмяны. Для построения графиков (рис. 3, 4) было принято: продолжительность паводка –  $T_{\max} = 37,9$  сут; продолжительность нарастания паводка –  $t_n = 17,5$  сут; расход для 1 %-й вероятности превышения  $Q_{\max 1\%} = 88,2$  м³/с. Отметка нормального подпорного уровня (НПУ) воды в водохранилище –  $\nabla_{\text{НПУ}} = 173,35$  м; отметка форсированного подпорного уровня (ФПУ) воды в водохранилище –  $\nabla_{\text{ФПУ}} = 131,15$  м; критическая глубина воды в водохранилище установившаяся при отметке ФПУ –  $H_{\text{crit}} = \nabla_{\text{ФПУ}} - H_{\Lambda}$ ; нормальная глубина воды в водохранилище установившаяся при отметке НПУ –  $H_{\text{нпу}} = \nabla_{\text{НПУ}} - H_{\Lambda}$ . В створе гидроузла в средний по водности год расход реки составляет  $Q_0 = 3,5$  м³/с. Отметка уровня дна водохранилища  $H_{\Lambda} = 170,64$  м. В водосливной плотине на уровне  $H_{\Lambda 1} = 171,77$  м имеются три водосливных отверстия шириной 4 м, а на уровне дна  $H_{\Lambda}$  имеется одно водопропускное отверстие шириной 4 м (водослив с широким порогом).

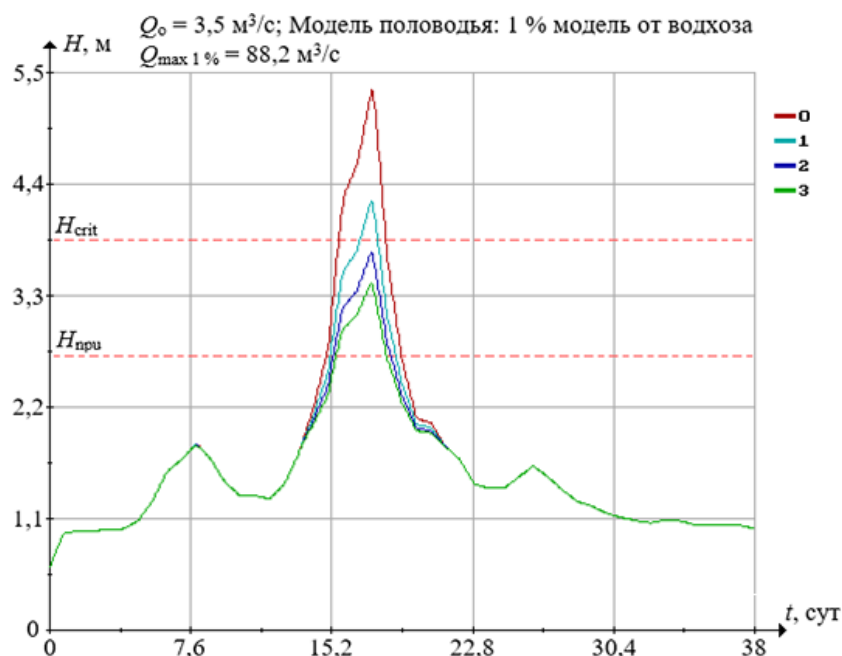


график 0 – работает только водосброс с пониженной отметкой;  
 график 1 – работает водосброс на плотине с пониженной отметкой и один основной;  
 график 2 – работает водосброс на плотине с пониженной отметкой и два основных;  
 график 3 – работает водосброс на плотине с пониженной отметкой и три основных  
**Рисунок 3. – Изменение напора в водохранилище во времени при пропуске паводка при маневрировании затворами**

Из анализа графика на рисунке 3, видно, что при нормальной работе водосбросных отверстий (3 и 2 отверстия) в период пропуска максимального расхода половодья произойдет превышение отметки НПУ, но уровень воды не достигнет отметки гребня грунтовой плотины. В свою очередь, это говорит об отсутствии возникновения аварийной ситуации и достаточной пропускной способности отверстий для пропуска расхода половодья. При моделировании ситуации с учетом работы только одного водосбросного отверстия или полном отсутствии пропускной способности в сооружении возникает чрезвычайная ситуация, характеризующаяся превышением уровня верхнего бьефа над отметкой гребня грунтовой плотины и последующим ее размывом.

Результаты расчета параметров потока в нижнем бьефе представлены в виде кривых изменения ширины затопления поймы правого (рис. 4) и левого (рис. 5) берегов в разных створах русла, которые находятся на расстоянии  $s$  от плотины.

Анализируя графики, представленные на рисунках 4 и 5, можно наблюдать границы затопления территории в нижнем бьефе гидроузла в результате разрушения грунтовой плотины с прорывом напорного фронта. Истекающий поток воды через проран образует изменяющийся расход, что описывается гидрографом размываемых расходов. Данный поток растекается по территории в зависимости от высотного положения участков поймы. Поэтому на графиках видны участки с местами максимального сгущения горизонталей, что говорит о наличии на данном участке обрывистого берега и, соответственно, минимальных границ затопления. Данные участки не совпадают на левой и правой пойме из-за процессов меандрирования реки.

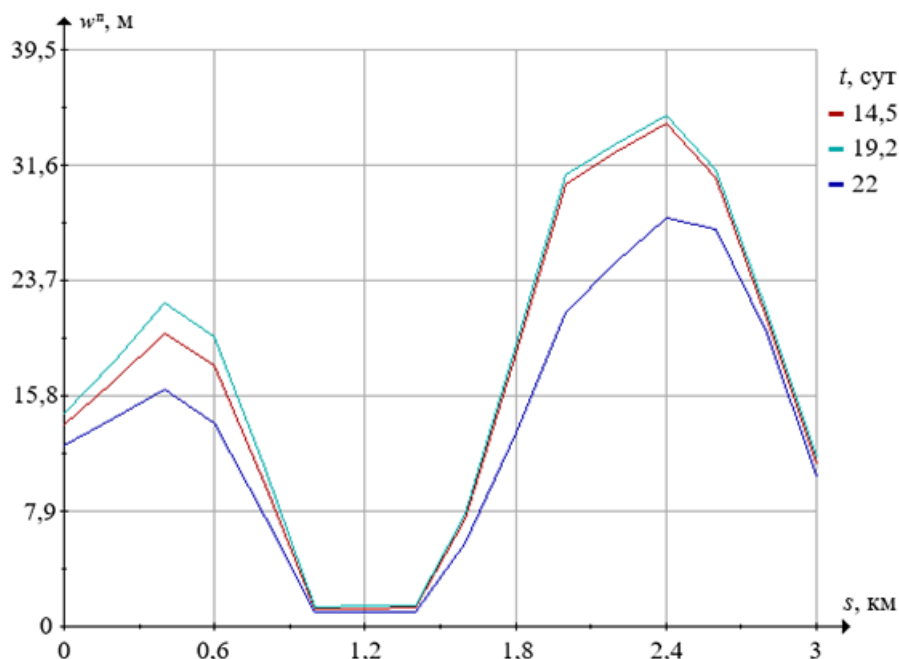


Рисунок 4. – Изменение ширины (зоны) затопления правой поймы  $w^п$  в разные моменты времени в разных створах русла при убывании расхода  $Q_1$  %

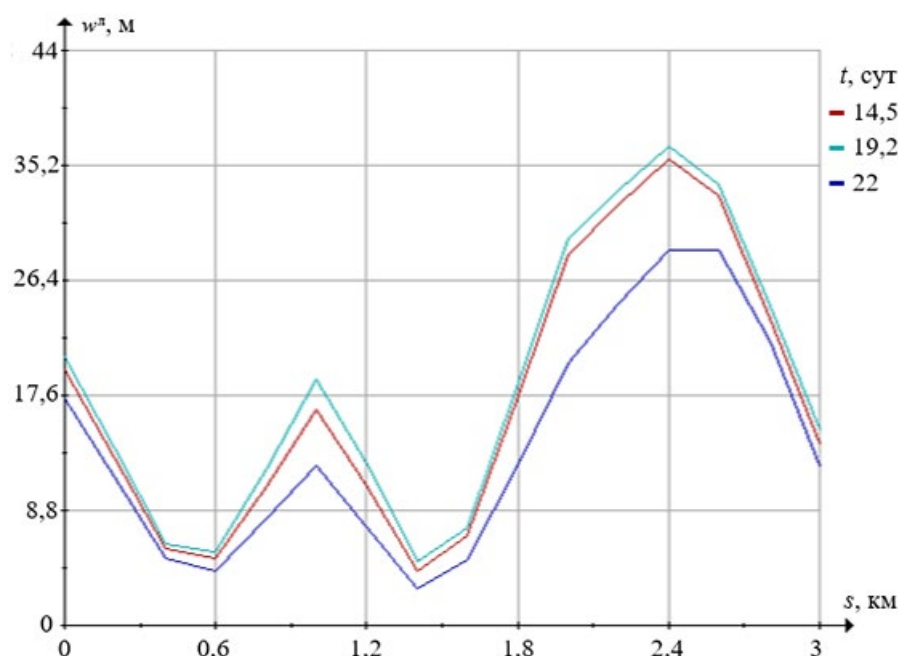


Рисунок 5. – Изменение ширины (зоны) затопления левой поймы  $w^л$  в разные моменты времени в разных створах русла при убывании расхода  $Q_1$  %

Разработка и применение математических моделей для моделирования гидродинамических процессов, связанных с переполнением водохранилищ, разрушением плотин и развитием аварийных ситуаций, являются важными инструментами обеспечения безопасности

гидросооружений и минимизации последствий чрезвычайных ситуаций. Использование упрощенных и более сложных моделей позволяет своевременно оценить возможные сценарии развития событий, определить критические параметры и принять меры по предотвращению или смягчению аварийных последствий. Важным аспектом является учет особенностей конкретных гидросооружений, условий эксплуатации и географических характеристик региона. Предложенные методики моделирования, основанные на уравнениях гидродинамики и баланса воды, позволяют повысить точность прогнозов и обеспечить надежную информационную поддержку при принятии решений. В целом внедрение этих подходов в системы мониторинга и управления гидротехническими сооружениями способствует повышению их надежности, безопасности населения и сохранению окружающей среды.

### Заключение

1. Разработан комплексный подход моделирования развития чрезвычайной ситуации на гидротехническом объекте вследствие переполнения водохранилища, перелива воды через гребень и размыва грунтового сооружения. На основании полученного гидрографа размываемых расходов в створе грунтовой плотины определены параметры потока и зоны затопления в нижнем бьефе гидроузла.

2. Выполнена апробация разработанного комплексного подхода при разработке проектной документации на реконструкцию гидроузла в городе Ошмяны, с моделированием процессов переполнения водохранилища и определением границ затопления территорий нижнего бьефа в зависимости от различной пропускной способности водосбросного сооружения.

3. Полученные результаты исследований в статье тесно связаны с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений и прогнозированием возможных аварийных ситуаций. В частности, проектирование и эксплуатация гидротехнических объектов, оценка устойчивости старых гидросооружений, предупреждение и предотвращение чрезвычайных ситуаций, оценка потенциального ущерба экосистемам и населенным пунктам, расположенным в зонах риска затопления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Brown, E.T. Reducing risks in the investigation, design and construction of large concrete dams / E.T. Brown // *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. – 2017. – Vol. 9, No. 2. – P. 197–209. – DOI: 10.1016/j.jrmge.2016.11.002.
2. Малик, Л.К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений / Л.К. Малик. – М.: Наука, 2005. – 354 с. – EDN: QMISRX.
3. Говорушко, С.М. Влияние природных процессов на гидротехнические сооружения (сообщение 2) / С.М. Говорушко // *Астраханский вестник экологического образования*. – 2019. – № 2 (50). – С. 75–87. – EDN: OUPGHM.
4. Dhar, O.N. The rainstorm which caused the Morvi dam disaster in August 1979 / O.N. Dhar, P.R. Rakecha, B.N. Mandal, R.B. Sangam // *Hydrological Sciences Bulletin*. – 1981. – Vol. 26, No. 1. – P. 71–81. – DOI: 10.1080/02626668109490862.
5. Викулин, А.В. Цивилизация глазами катастроф: природных и социальных: монография / А.В. Викулин, И.Ф. Вольфсон, М.А. Викулина, А.А. Долгая. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 236 с.
6. Biscarini C. Di Francesco S., Ridolfi E., Manciola P. On the simulation of floods in a narrow bending valley: the Malpasset dam break case study // *Water*. – 2016. – Vol. 8, No. 11. – Article 545. – 19 p. – DOI: 10.3390/w8110545.
7. Щербаков, О.А. Совершенствование управления каскадом волжских водохранилищ на основе гидродинамических моделей и ГИС-технологий / А.О. Щербаков, А.А. Талызов, И.С. Румянцев [и др.] // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2002. – № 2. – С. 8–12. – EDN: YJFXTT.
8. Беднарук, С.Е. О планировании мероприятий по снижению риска ущербов от наводнений / С.Е. Беднарук // *Безопасность энергетических сооружений: научно-технический и производственный сборник*. – М.: Научно-исследовательский институт энергетических сооружений, 2003. – Вып. 11. – С. 407–414.
9. Беднарук, С.Е. Опыт управления каскадом волжскокамских водохранилищ с использованием имитационных математических моделей в период весеннего половодья / С.Е. Беднарук, Ю.Г. Мотовилов // *Управление водно-ресурсными системами в экстремальных условиях: сб. статей междунар. конф., Москва, 4–5 июня 2008 г.* – М., 2008. – 1 CD-ROM.

10. Немеровец, О.В. Моделирование изменения уровней воды в водохранилище при пропуске расходов половодья / О.В. Немеровец, В.В. Ивашечкин // Водные пути и русловые процессы. Гидротехнические сооружения водных путей: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 29–31 мая 2023 г. – СПб.: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2023. – Вып. 6, ч. 2. – С. 99–106. – EDN: IQKFFM.
11. Веремениук, В.В. Моделирование процесса изменения уровней в каскаде из двух русловых водохранилищ при пропуске половодья / В.В. Веремениук, В.В. Ивашечкин, О.В. Немеровец // Наука и техника. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 146–154. – DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-2-146-154. – EDN: ZYFGLZ.
12. Ивашечкин, В.В. Прогноз уровней в каскаде из двух водохранилищ при пропуске расходов половодья / В.В. Ивашечкин, О.В. Немеровец, В.В. Веремениук // Водные пути и русловые процессы. Гидротехнические сооружения водных путей: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 29 мая – 1 июня 2019 г. – СПб.: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2019. – Вып. 4. – С. 227–237. – EDN: YFOBXW.
13. Карпенчук, И.В. Определение параметров волны прорыва и оценка возможных последствий затопления / И.В. Карпенчук, М.Ю. Стриганова // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2008. – № 2 (8). – С. 41–45. – EDN: SMTLOZ.
14. Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения: РД 153-34.2-002-01. – Введ. 26.04.2001. – М.: Минэнерго России, 2001 – 59 с.
15. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии судоходных гидротехнических сооружений: утв. приказом МЧС РФ и Минтранса РФ от 2 октября 2007 г. № 528/143 // КонсультантПлюс. Россия: справ. правовая система (дата обращения: 24.05.2025).
16. Богославчик, П.М. Расчетная модель размыва грунтовых плотин при переливе / П.М. Богославчик // Наука и техника. – 2018. – Т. 17, № 4. – С. 292 – 296. – DOI: 10.21122/2227-1031-2018-17-4-292-296. – EDN: YOLTEL.
17. Ивашечкин, В.В. Теоретические основы расчета размыва грунтовых плотин при переливе воды через гребень / В.В. Ивашечкин, П.М. Богославчик, В.В. Веремениук, О.В. Немеровец // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2022. – Т. 65, № 3. – С. 276–284. – DOI: 10.21122/1029-7448-2022-65-3-276-284. – EDN: SUFULH.
18. Гончаров, В.Л. Динамика русловых потоков / В.Л. Гончаров. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 373 с.
19. Пономарчук, К.Р. Оценка параметров развития прорана при разрушении грунтовой плотины / К.Р. Пономарчук // Природообустройство. – 2011. – № 3. – С. 77–82. – EDN: OFXGYH.
20. Грушевский, М.С. Волны попусков и паводков в реках / М.С. Грушевский. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 336 с.
21. Klohn-Crippen. Red River one-dimensional unsteady flow model: final report submitted to International Joint Commission. – Richmond (British Columbia), May 1999. – 88 p.
22. Ahmad, S. Comparison of one-dimensional and two-dimensional hydrodynamic modeling approaches for Red River basin: final report to International Joint Commission / S. Ahmad, S.P. Simonovic. – Winnipeg (Canada), December 1999. – 52 p.
23. Альтшуль, А.Д. Гидравлические сопротивления / А.Д. Альтшуль. – М.: Недра, 1970. – 216 с.
24. Веремениук, В.В. Моделирование неустановившегося движения в нижнем бьефе гидроузла при разрушении грунтовой плотины / В.В. Веремениук, В.В. Ивашечкин, О.В. Немеровец // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 554–567. – DOI: 10.21122/1029-7448-2021-64-6-554-567. – EDN: EIWVGT.
25. Веремениук, В.В. Приближенная методика расчета затопления поймы реки при экстремальных попусках из водохранилища в период половодья / В.В. Веремениук, В.В. Ивашечкин, Я.А. Семёнова, О.В. Немеровец // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 67–75. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.67. – EDN: YSGWVK.

**Моделирование процессов переполнения водохранилища, размыва грунтовой плотины и развития чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла**

**Modeling of reservoir overflow processes, erosion of an earth dam and development of an emergency situation in the downstream of a hydraulic structure**

---

**Немеровец Ольга Владимировна**

Белорусский национальный технический университет, кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика», старший преподаватель

Адрес: пр-т Независимости, 65,  
220013, г. Минск, Беларусь  
Email: olganemerovets@gmail.com  
SPIN-код: 5270-7307

**Olga V. Nemerovets**

Belarusian National Technical University,  
Chair «Hydrotechnical and Power Engineering,  
Water Transport and Hydraulics»,  
Senior Lecturer

Address: Nezavisimosti ave., 65,  
220013, Minsk, Belarus  
Email: olganemerovets@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5240-3536

## MODELING OF RESERVOIR OVERFLOW PROCESSES, EROSION OF AN EARTH DAM AND DEVELOPMENT OF AN EMERGENCY SITUATION IN THE DOWNSTREAM OF A HYDRAULIC STRUCTURE

Nemerovets O.V.

*Purpose.* Development and implementation of an integrated approach to modeling reservoir overflow processes, earth dam erosion, and emergency development in the downstream of a hydraulic structure.

*Methods.* Modeling processes using calculation methods including the water balance equation for assessing reservoir overflow, a two-stage process of earth dam erosion taking into account changes in its profile shape, and the Saint-Venant equation for modeling the breakthrough wave motion in the downstream.

*Findings.* An integrated approach has been developed to model the development of an emergency at a hydraulic structure as a result of reservoir overflow, water overflow over the crest, and earth structure erosion. Based on the obtained hydrograph of eroded discharges in the earth dam section, the parameters of the breakthrough wave, flood zones, and levels in the downstream of the hydraulic structure have been determined. The developed integrated approach was tested in the development of design documentation for the reconstruction of the hydroelectric complex in the city of Oshmyany, with modeling of reservoir overflow processes and determination of the flooding boundaries of the downstream territories depending on the different capacity of the spillway structure.

*Application field of research.* The scope of the research results covers several key areas related to ensuring the safety of hydraulic structures and forecasting possible emergency situations. In particular: design and operation of hydraulic structures, assessment of the stability of old hydraulic structures, and prevention of emergency situations. Assessment of potential damage to ecosystems and settlements located in risk zones. The results can also be used to develop regulatory legal acts, standards and recommendations on the safety of hydraulic structures and zoning of territories exposed to the threat of flooding.

*Keywords:* flow rate, flood, reservoir, pressure, water balance equation, flood hydrograph, forecast, accident, hydraulic structure, earth dam.

(The date of submitting: June 23, 2025)

### REFERENCES

1. Brown E.T. Reducing risks in the investigation, design and construction of large concrete dams. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2017. Vol. 9, No. 2. Pp. 197–209. DOI: 10.1016/j.jrmge.2016.11.002.
2. Malik L.K. *Faktyory riska povrezhdeniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Risk factors for damage to hydraulic structures]. Moscow: Nauka, 2005. 354 p. (rus). EDN: QMISRX.
3. Govorushko S.M. Vliyaniye prirodnnykh protsessov na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (soobshchenie 2) [Impact of natural processes on hydro-technical utilities (paper 2)]. *Astrakhan Bulletin of Ecological Education*, 2019. No. 2 (50). Pp. 75–87. (rus). EDN: OUPGHM.
4. Dhar O.N., Rakhecha P.R., Mandal B.N., Sangam R.B. The rainstorm which caused the Morvi dam disaster in August 1979. *Hydrological Sciences Bulletin*, 1981. Vol. 26, No. 1. Pp. 71–81. (fra). DOI: 10.1080/02626668109490862.
5. Vikulin A.V., Vol'fon I.F., Vikulina M.A., Dolgaya A.A. *Tsivilizatsiya glazami katastrof: prirodnykh i sotsial'nykh* [Civilization by the eyes of disasters: natural and social]: monograph. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Technical University, 2016. 236 p. (rus)
6. Biscarini C. Di Francesco S., Ridolfi E., Manciola P. On the simulation of floods in a narrow bending valley: the Malpasset dam break case study. *Water*, 2016. Vol. 8, No. 11. Article 545. 19 p. DOI: 10.3390/w8110545.
7. Shcherbakov A.O., Talyzov A.A., Rumyantsev I.S., Pruchkin S.I., Buber A.L. Sovershenstvovanie upravleniya kaskadom volzhskikh vodokhranilishch na osnove gidrodinamicheskikh modeley i GIS-tekhnologiy [Improvement in management of Volga water reservoir cascade on the basis of hydrodynamic models and GIS-technologies]. *Melioration and Water Management*, 2002. No. 2. Pp. 8–12. (rus). EDN: YJFXTT.
8. Bednaruk S.E. O planirovani meropriyatiy po snizheniyu riska ushcherbov ot navodneniy [On planning measures to reduce risk of flood damage]. *Bezopasnost' energeticheskikh sooruzhenii* [Safety of energy facilities]: scientific, technical and industrial collection. Moscow: Research Institute of Energy Facilities, 2003. No. 11. Pp. 407–414. (rus)

9. Bednaruk S.E., Motovilov Yu.G. Opyt upravleniya kaskadom volzhskokamskikh vodokhranilishch s ispol'zovaniem imitatsionnykh matematicheskikh modeley v period vesennego polovod'ya [Experience in management of the Volga-Kama water reservoir cascade while using imitation mathematical models during spring flood]. *Proc. of Intern. conf. «Upravlenie vodno-resursnymi sistemami v ekstremal'nykh usloviyakh»*, Moscow, June 4–5, 2008. Moscow, 2008. 1 CD-ROM. (rus)
10. Nemerovets O.V., Ivashechkin V.V. Modelirovanie izmeneniya urovney vody v vodokhranilishche pri propuske raskhodov polovod'ya [Simulation of changes in water levels in a reservoir when the flood flow is over]. *Proc. of Intern. scientific-practical conf. «Vodnye puti i ruslovy protsessy. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya vodnykh putey»*, Saint Petersburg, May 29–31, 2023. Saint Petersburg: Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 2023. Iss. 6, part 2. Pp. 99–106. (rus). EDN: IQKFFM.
11. Veremenyuk V.V., Ivashechkin V.V., Nemerovets O.V. Modelirovanie protsessa izmeneniya urovney v kaskade iz dvukh ruslovykh vodokhranilishch pri propuske polovod'ya [Modeling of process for level changes in cascade of two channel water reservoirs in case of flooding]. *Science & Technique*, 2019. Vol. 18, No. 2. Pp. 146–154. (rus). DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-2-146-154. EDN: ZYFGLZ.
12. Ivashechkin V.V., Nemerovets O.V., Veremenyuk V.V. Prognoz urovney v kaskade iz dvukh vodokhranilishch pri propuske raskhodov polovod'ya [Forecast of levels in a cascade of two reservoirs when passing flood discharges]. *Proc. of Intern. scientific-practical conf. «Vodnye puti i ruslovy protsessy. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya vodnykh putey»*, Saint Petersburg, May 29 – June 1, 2019. Saint Petersburg: Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 2019. Iss. 4. Pp. 227–237. (rus). EDN: YFOBWX.
13. Karpenchuk I.V., Striganova M.Yu. Opredelenie parametrov volny proryva i otsenka vozmozhnykh posledstviy zatopleniya [Determination of breakthrough wave parameters and assessment of possible consequences of flooding]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2008. No. 2 (8). Pp. 41–45. (rus). EDN: SMTLOZ.
14. *Vremennaya metodika otsenki ushcherba, vozmozhnogo vsledstvie avarii gidrotekhnicheskogo sooruzheniya: RD 153-34.2-002-01* [Temporary methodology for assessing the damage possible as a result of a breakdown of a hydraulic structure: Guidance Document 153-34.2-002-01]. Affirmed April 26, 2001. Moscow: Ministry of Energy of the Russian Federation, 2001. 59 p. (rus)
15. *Metodika opredeleniya razmera vreda, kotoryy mozhet byt' prichinen zhizni, zdorov'yu fizicheskikh lits, imushchestvu fizicheskikh i yuridicheskikh lits v rezul'tate avarii sudokhodnykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Methodology for determining the amount of damage that may be caused to the life, health of individuals, property of individuals and legal entities as a result of an accident at shipping hydraulic structures]: approved by order of the EMERCOM of Russia and the Ministry of Transport of the Russian Federation dated October 2, 2007 No. 528/143. Konsul'tantPlyus. Russia: reference legal system (accessed: May 24, 2025). (rus)
16. Bogoslavchik P.M. Raschetnaya model' razmyva gruntovykh plotin pri perelive [Calculation model of soil dam wash-away due to overflow]. *Science & Technique*, 2018. Vol. 17, No. 4. Pp. 292–296. (rus). DOI: 10.21122/2227-1031-2018-17-4-292-296. EDN: YOLTEL.
17. Ivashechkin V.V., Bohaslauchyk P.M., Veremenyuk V.V., Nemeravets O.V. Teoreticheskie osnovy rascheta razmyva gruntovykh plotin pri perelive vody cherez greben' [Theoretical foundations for calculating the erosion of soil dams during overflow of water over the ridge]. *Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations*, 2022. Vol. 65, No. 3. Pp. 276–284. (rus). DOI: 10.21122/1029-7448-2022-65-3-276-284. EDN: SUFULH.
18. Goncharov V.L. *Dinamika ruslovykh potokov* [Channel flow dynamics]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1962. 373 p. (rus)
19. Ponomarchuk K. R. Otsenka parametrov razvitiya prorana pri razrushenii gruntovoy plotiny [Assessment of parameters of closure channel development at destruction of earth dams]. *Prirodoobustroystvo*, 2011. No. 3. Pp. 77–82. (rus). EDN: OFXGYH.
20. Grushevskiy M.S. *Volny popuskov i pavadkov v rekakh* [Waves of releases and floods in rivers]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 336 p. (rus)
21. Klohn-Crippen. *Red River one-dimensional unsteady flow model*: final report submitted to International Joint Commission. Richmond (British Columbia), May 1999. 88 p.
22. Ahmad S., Simonovic S.P. *Comparison of one-dimensional and two-dimensional hydrodynamic modeling approaches for Red River basin*: final report to International Joint Commission. Winnipeg (Canada), December 1999. 52 p.
23. Al'tshul' A.D. *Gidravlicheskie soprotivleniya* [Hydraulic resistance]. Moscow: Nedra, 1970. 216 p. (rus)
24. Veremenyuk V.V., Ivashechkin V.V., Nemeravets O.V. Modelirovanie neustanovivshegosya dvizheniya v nizhnem b'efe gidrouzla pri razrushenii gruntovoy plotiny [Simulation of unsteady movement in the

- downstream of a hydroelectric complex during the destruction of a soil dam]. *Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations*, 2021. Vol. 64, No. 6. Pp. 554–567. (rus). DOI: 10.21122/1029-7448-2021-64-6-554-567. EDN: EIWVGT.
25. Veremenyuk V.V., Ivashechkin V.V., Semenova Ya.A., Nemeravets O.V. Priblizhennaya metodika rascheta zatopleniya poymy reki pri ekstremal'nykh popuskakh iz vodokhranilishcha v period polovod'ya [Approximate method of calculation of inundation of river valley at extreme releases from water reservoir in the period of the high water]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 67–75. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.67. EDN: YSGWVK.

Copyright © 2025 Nemerovets O.V.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА, ОПАСНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЕДЕНИИ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ**

**Полевода И.И., Тихонов М.М., Пархомчик Э.А.**

*Цель.* Проанализировать возможность и дать предложения по созданию в Республике Беларусь единой системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий.

*Методы.* Общенаучные методы исследования: анализ и синтез, сравнение и обобщение.

*Результаты.* Разработаны предложения по созданию в Республике Беларусь единой системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий.

*Область применения исследований.* Результаты работы могут быть использованы в практической деятельности при разработке нормативных правовых актов.

*Ключевые слова:* гражданская оборона, чрезвычайная ситуация, мирное время, военное время, система, предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций, орган управления, силы и средства, штаб гражданской обороны, комиссия по чрезвычайным ситуациям.

(Поступила в редакцию 1 июля 2025 г.)

### **Введение**

Изменение характера ведения современных войн, появление видов оружия на новых физических принципах, появление и быстрое расширение масштабов применения высокоточного оружия, использование политических, экономических, информационных и других видов борьбы – все это ведет к пересмотру существующих подходов к обеспечению безопасности граждан.

В Республике Беларусь существуют две государственные системы защиты населения. Первая решает задачи защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, – гражданская оборона (далее – ГО). Вторая решает задачи защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ГСЧС).

ГО является неотъемлемой функцией государства и составной частью оборонных мероприятий по обеспечению национальной безопасности страны.

Принцип построения системы ГО в Республике Беларусь идентичен со структурой ГСЧС. ГО также организуется по административно-территориальному и отраслевому принципам. Мероприятия ГО проводятся:

- на территории всей страны;
- в административно-территориальных единицах;
- в республиканских органах государственного управления, иных государственных организациях, подчиненных Правительству Республики Беларусь, других организациях, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени [1, с. 389; 2, с. 90; 3, с. 95].

В ходе проводимой работы по совершенствованию ГСЧС и ГО унифицированы подходы к защите населения и территорий от ЧС в мирное время и опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, основные из которых:

- организационные, инженерные (технические) и другие мероприятия, направленные на обеспечение безопасности жизнедеятельности населения, выполняются заблаговременно;
- система управления выполнением защитных мероприятий в мирное и военное время создана по административно-территориальному и отраслевому принципам;

– защита населения и территорий базируется на общих принципах, в том числе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ одними и теми же органами управления, силами и средствами;

– для ликвидации ЧС и опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, используются общие ресурсы соответствующих резервов;

– в условиях мирного времени и ведения военных действий функционирует единая система доведения сигналов оповещения до населения;

– подготовка руководящего состава, специалистов и населения проводится по единым программам;

– для укрытия населения при ЧС и опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, применяются сооружения двойного назначения наряду с защитными сооружениями ГО.

Таким образом, в Республике Беларусь созданы две системы защиты, аналогичные по целям и задачам, применяющие одни и те же способы защиты, органы управления, силы и средства.

Наличие общих черт в структуре и функционировании ГСЧС и ГО позволяет сделать вывод, что дальнейшее повышение уровня безопасности населения возможно путем исключения параллельного функционирования двух систем защиты и их слияния в единую систему реализации защитных мероприятий как в мирное, так и в военное время – Государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны (далее – ГСЧСиГО).

Представлены предложения по объединению существующих двух систем ГСЧС и ГО в единую ГСЧСиГО.

### Основная часть

**История развития ГО и ее роль в системе защиты населения и территорий от ЧС.** В научной литературе приводится история создания и развития ГО. Наибольший интерес представляет исторический аспект развития ГО СССР, подготовленный А.О. Багдасаряном [4]. Авторы статьи приводят исторический экскурс развития ГО и в Республике Беларусь, сопоставляя ключевые моменты с работой [4].

Со второй половины прошлого века гражданская оборона СССР, помимо решения задач военного времени, занималась и вопросами защиты населения от различных аварий, катастроф и стихийных бедствий мирного времени [4, с. 180; 5, с. 38] (табл. 1).

**Таблица 1. – Перечень ЧС, для ликвидации которых привлекались формирования ГО**

| Наименование ЧС                                                                                                  | Год, в котором произошла ЧС |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Затопление долины Зеравшан в Узбекской ССР                                                                       | 1964                        |
| Землетрясение в Ташкенте                                                                                         | 1966                        |
| Землетрясение в Дагестане                                                                                        | 1970                        |
| Лесные пожары в РСФСР                                                                                            | 1972                        |
| Паводок в Брестской области Белорусской ССР                                                                      | 1974                        |
| Опасные метеоявления в городах Сочи и Адлере, Одесской и Николаевской областях Украинской ССР и в Молдавской ССР | 1975                        |
| Затопление на Урале в городе Кунгуре Пермской области                                                            | 1974                        |
| Пожар на выставке «Полимеры-74» в г. Москве                                                                      | 1974                        |
| Разлив хлора на заводе лакокрасочных изделий в поселке Старая Купавна Московской области                         | 1979                        |
| Железнодорожная авария с разливом нитробензола под г. Ковров                                                     | 1983                        |
| Прохождение смерча в Ивановской области                                                                          | 1984                        |
| Наводнение в Краснодарском крае и Адыгейской автономной области                                                  | 1973                        |
| Наводнение в Калмыцкой АССР                                                                                      | 1985                        |

Опираясь на этот опыт, Правительство СССР в 1974 г. приняло постановление «Об использовании в мирное время невоенизированных формирований гражданской обороны» [4, с. 180; 6, с. 221].

В 1976 г. (18 марта, № 201-78) ЦК КПСС и Совет Министров СССР утвердили новое Положение о Гражданской обороне СССР. ГО в этом Положении определялась как составная часть системы общегосударственных оборонных мероприятий, направленных на защиту

населения от оружия массового поражения и других средств нападения противника. Положением определялись функции Министерства обороны СССР, права и обязанности начальника ГО, т.е. устанавливалось единоначалие.

В 1978 г. в развитие вышеуказанного постановления от 1974 г. руководством страны было принято постановление «О мерах по улучшению защиты населенных пунктов, предприятий и других объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов». Постановление предписывало использование сил и средств ГО в мирное время [4, с. 180; 6, с. 221].

Ликвидация последствий аварии на Чернобыльской АЭС позволила выявить ряд серьезных недостатков ГО в обеспечении готовности реагировать на масштабные чрезвычайные ситуации мирного времени. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли Постановление от 30 июля 1987 г. № 866-213 «О мерах по коренной перестройке системы гражданской обороны». Этим постановлением юридически закреплялась задача решения не только оборонных, но и значимых социальных задач.

Была создана новая система управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций – Государственная общесоюзная система по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях (постановление Совета Министров СССР от 15 декабря 1990 г. № 1282 «О создании Государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях»).

В Республике Беларусь была создана республиканская подсистема Государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях (постановление Совета Министров Белорусской ССР от 23 мая 1991 г. № 199 «О создании в Белорусской ССР республиканской подсистемы государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях»).

Руководящими органами общесоюзной системы были определены Государственная комиссия Совета Министров СССР по чрезвычайным ситуациям и комиссии по чрезвычайным ситуациям всех уровней.

В состав органов повседневного управления системы входили в том числе штабы гражданской обороны на всех уровнях.

Аналогичная ситуация наблюдалась и в Республике Беларусь в республиканской подсистеме государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях (рис.).



Рисунок 1. – Структура республиканской подсистемы Государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в ЧС

На гражданскую оборону БССР возлагались следующие функции:

– подготовка населения к действиям в чрезвычайных ситуациях, осуществление мероприятий, направленных на его защиту от последствий аварий и катастроф, стихийных и экологических бедствий;

– методическое руководство соответствующей подготовкой сил и средств, входящих в республиканскую подсистему Государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях;

– организация оповещения руководящего состава территориальных органов гражданской обороны, комиссий по чрезвычайным ситуациям, а также населения о возникших авариях, катастрофах и стихийных бедствиях и ходе ликвидации их последствий;

– планирование использования сил и средств, входящих в республиканскую подсистему Государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях;

– организация и управление проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ;

– организация жизнеобеспечения населения при чрезвычайных ситуациях;

– проведение единой политики в области создания технических средств для оснащения аварийно-спасательных подразделений;

– организация перемещения формирований, частей гражданской обороны и совместно с Белорусским военным округом воинских частей в районы чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, в Советском Союзе гражданская оборона являлась составной частью Государственной общесоюзной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях [4, с. 182].

Статус гражданской обороны сохранялся и в созданной в 1992 г. Российской системе предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях (РСЧС), функционирующей как в мирное, так и в военное время [4, с. 182]. В Республике Беларусь аналогично с 1993 г. функционировала Республиканская система по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях (РСЧС) (постановление Совета Министров Белорусской ССР от 24 февраля 1993 г. № 95 «О республиканской системе по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях (РСЧС)»).

Гражданская оборона являлась составной частью общей системы государственных оборонных мероприятий, проводимых в мирное и военное время.

При этом штабы гражданской обороны являлись органами повседневного управления РСЧС и рабочими органами комиссий по чрезвычайным ситуациям. Ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций организовывали соответствующие комиссии по чрезвычайным ситуациям с привлечением штабов гражданской обороны [4, с. 182].

В 1994 г. на Международном форуме Международной организации гражданской обороны в Аммане (Иордания), членом которой с 2024 г. является Республика Беларусь, была принята Декларация по гражданской обороне, которая провозгласила, что решение задач гражданской обороны не должно ограничиваться только вооруженными конфликтами. Их необходимо расширить применительно ко всем гуманитарным действиям по защите населения, его собственности, а также окружающей среды от всех видов бедствий и катастроф<sup>1</sup> [4, с. 183].

Данной декларацией предложен термин «гражданская защита», под которым понимается совокупность всей гуманитарной деятельности, связанной с защитой населения, окружающей среды и собственности как от опасностей, возникающих при ведении военных действий, так и в случаях аварий и стихийных бедствий.

В этот же год в связи с принятием в 1994 г. Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» РСЧС была преобразована в Единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Гражданская оборона была выведена из состава РСЧС. В 1995 г. в результате разделения правоотношений в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени из проекта Закона «О гражданской обороне»<sup>2</sup>, который был принят в 1998 г. и исключал нормы, касающиеся вопросов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [4, с. 183].

Аналогичная ситуация наблюдалась и в Республике Беларусь при подготовке соответствующих нормативных правовых актов: Закона «О защите населения и территорий от

<sup>1</sup> История организации // Официальный сайт Международной организации гражданской обороны. – URL: <https://icdo.org/ru/o-mogo/istoriya.html> (дата обращения: 16.05.2025).

<sup>2</sup> Законопроект № 95700339-1 «О гражданской обороне» // Система обеспечения законодательной деятельности. – URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/95700339-1> (дата обращения: 16.05.2025).

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Закона «О гражданской обороне».

В 2005 г. Президентом Российской Федерации было дано поручение по подготовке предложений по основам функционирования единой системы Гражданской защиты [4, с. 183; 7, с. 79].

В 2011 г. решением Коллегии МЧС России была одобрена Концепция создания и развития Российской системы Гражданской защиты до 2020 г. [4, с. 183].

Вместе с тем слияние РСЧС и ГО в единую систему так и не было реализовано. Противниками Концепции, в частности начальником Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России В.А. Акимовым, утверждалось, что объединение гражданской обороны и РСЧС в Российскую систему Гражданской защиты невозможно по причине того, что гражданская оборона представляет собой составную часть обороны страны, а защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций является частью системы государственной и общественной безопасности [4, с. 183]. Таким образом, концепция создания системы Гражданской защиты противоречила основополагающим принципам Конституции Российской Федерации и Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, могла способствовать потере координации и управления органами государственной власти, снижению мобилизационных возможностей населения [4, с. 183; 8, с. 38–41]. Министром по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий В.А. Пучковым на заседании Коллегии МЧС России 6 февраля 2013 г. было однозначно сказано, что никакого объединения этих двух систем не будет [9, с. 87].

Несмотря на это, по предложению Республики Беларусь и при активном участии Российской Федерации в 2019 г. на Межпарламентской Ассамблее государств – участников Содружества Независимых Государств был принят Модельный закон «О гражданской защите».

Во многом предложения об объединении системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и системы гражданской обороны основывались на опыте ряда зарубежных государств (США, Германии, Великобритании, Японии и др.) (табл. 2).

**Таблица 2. – Системы защиты населения и территорий от ЧС в мирное и военное время**

| Государство                      | Система защиты в мирное время                    | Система защиты в военное время                   |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Российская Федерация             | РСЧС                                             | Гражданская оборона (ГО)                         |
| Украина                          | Гражданская защита (ГЗ)                          | перевод ГЗ на военное время                      |
| Республика Казахстан             | ГЗ                                               | ГО как составная часть ГЗ                        |
| Кыргызская Республика            | ГЗ                                               | перевод ГЗ на военное время                      |
| Республика Молдова               | ГЗ                                               | перевод ГЗ на военное время                      |
| Республика Узбекистан            | ГСЧС                                             | ГЗ                                               |
| Итальянская Республика           | ГЗ                                               | ГО как составная часть ГЗ                        |
| Израиль                          | ГО                                               | ГО                                               |
| Федеративная Республика Германия | ГЗ                                               | ГО как составная часть ГЗ                        |
| США                              | ФЕМА                                             | ГО как составная часть ФЕМА                      |
| Французская Республика           | ГО                                               | ГО                                               |
| Великобритания                   | ГО                                               | ГО                                               |
| Япония                           | Общегосударственная система по предотвращению ЧС | Общегосударственная система по предотвращению ЧС |

В итоге, концепция создания единой системы Гражданской защиты в СНГ была реализована в Республике Казахстан, Кыргызской Республике, Республике Узбекистан, Республике Молдова [4, с. 184]. Создание единой системы Гражданской защиты было осуществлено и в Украине.

**Предложения по созданию в Республике Беларусь единой системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий.** Приведенные выше аспекты и проведенный анализ международного опыта функционирования систем защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий, позволяет сделать вывод, что для защиты населения и территорий от опасностей мирного и военного времени функционирует одна

система, как правило, система гражданской защиты. При этом данная система при необходимости переводится на функционирование в военное время либо имеет составную часть (подсистему) – гражданскую оборону (Республика Казахстан, ЕС), функционирующую в военное время.

Учитывая вышесказанное, авторами предлагается создание ГСЧСиГО путем объединения существующих Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны в единую систему. Объединение Закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Закона «О гражданской обороне» позволит подготовить Закон «О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны».

Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны (система гражданской защиты) – это система, объединяющая республиканский орган государственного управления, осуществляющий управление в сфере предупреждения и ликвидации ЧС, обеспечения пожарной, промышленной и радиационной безопасности, гражданской обороны, другие республиканские органы государственного управления, иные государственные организации, подчиненные и распорядительные органы, государственного управления, иные государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь, местные исполнительные и распорядительные органы, организации, обеспечивающие планирование, организацию, выполнение мероприятий по подготовке к защите и защите населения, окружающей среды, материальных и культурных ценностей от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

ГСЧСиГО будет являться надсистемой и осуществлять общее руководство в области следующих видов безопасности: пожарной, промышленной, радиационной, ядерной, а также в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера и гражданской обороны.

ГСЧСиГО будет функционировать в 4 режимах: повседневной деятельности, повышенной готовности, чрезвычайном и особом (гражданской обороны), что позволит сохранить составную часть оборонных мероприятий страны, управление и координацию всеми государственными органами, а также мобилизационные возможности населения в военное время, придать обороне страны общенародный характер.

Предполагается 4 уровня функционирования ГСЧСиГО: республиканский, территориальный, местный и объектовый.

Руководителем ГСЧСиГО будет являться по уровням:

- на республиканском – премьер-министр Республики Беларусь;
- на территориальном – председатель областного (Минского городского) исполкома;
- на местном – председатель городского (районного) исполкома;
- на объектовом – руководитель объекта.

Орган управления ГСЧСиГО будет состоять из комиссии по чрезвычайным ситуациям (далее – КЧС) и штаба ГО, являющегося рабочим органом органа управления и функционирующего в мирное и военное время. В военное время КЧС упраздняется, сохраняется штаб ГО.

Штаб ГО будет сформирован представителями следующих республиканских органов государственного управления: Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства внутренних дел, Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства здравоохранения, Министерства связи и информатизации, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Министерства транспорта и коммуникаций, Министерства энергетики, Министерства архитектуры и строительства, Министерства антимонопольного регулирования и торговли, Министерства информации, Белорусского государственного концерна по нефти и химии, являющихся службами ГСЧСиГО.

Руководство органом управления в различных режимах и по уровням будет осуществляться:

- На республиканском уровне:
  - заместителем премьер-министра Республики Беларусь (председатель КЧС) – в повседневной деятельности и повышенной готовности;
  - премьер-министром Республики Беларусь (председатель КЧС) – в чрезвычайном режиме;

министром по чрезвычайным ситуациям (начальник штаба ГО) – в особом режиме (гражданской обороны).

– На территориальном уровне:

заместителем председателя областного (Минского городского) исполкома (председатель КЧС) – в повседневной деятельности и повышенной готовности;

председателем областного (Минского городского) исполкома (председатель КЧС) – в чрезвычайном режиме;

начальником областного (Минского городского) управления МЧС (начальник штаба ГО) – в особом режиме (гражданской обороны).

– На местном уровне:

заместителем председателя городского (районного) исполкома (председатель КЧС) – в повседневной деятельности, повышенной готовности;

председателем городского (районного) исполкома (председатель КЧС) – в чрезвычайном режиме;

начальником городского (районного) отдела по ЧС (начальник штаба ГО) – в особом режиме (гражданской обороны).

### Заключение

Опыт зарубежных государств, имеющих единую систему защиты населения и территорий от ЧС в мирное и военное время, исторический аспект, подтверждающий возможность функционирования ГО в качестве составной части системы защиты населения и территорий от ЧС в мирное время, наличие общих черт в структуре и функционировании ГСЧС и ГО позволяет сделать вывод о возможном создании в Республике Беларусь единой системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий.

Интеграция ГСЧС и ГО в единую систему возможна и необходима исходя из следующих факторов:

– единство физических принципов, лежащих в основе поражающих факторов опасных природных явлений, аварий, катастроф и применяемого оружия;

– сходство воздействия на людей и объекты экономики и инфраструктуры поражающих факторов опасных природных явлений, аварий, катастроф и применяемого оружия;

– единство целевых функций систем на мирное и военное время (предотвращение и ликвидация ЧС, снижение возможного ущерба от них);

– сходство функциональных задач на мирное и военное время, обусловленное единством целевых функций;

– возможность решения задач мирного и военного времени практически одними и теми же органами управления, силами и средствами;

– сходство методологии и организации наблюдения, контроля, оценки обстановки и ликвидации последствий воздействий в мирное и военное время;

– возможность использования при противодействии чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера в значительной степени одних и тех же технических средств, материалов и имущества [10, с. 206].

Создание ГСЧСиГО позволит:

– сформировать единое нормативное правовое, организационное, информационное и методическое поле по вопросам организации гражданской защиты на всей территории республики;

– иметь единые органы управления, системы связи и оповещения, силы и средства на мирное и военное время, что обеспечит:

более качественную заблаговременную подготовку к ведению гражданской защиты (далее – ГЗ) в военное время;

плавный («бесшовный») переход системы, при необходимости, с мирного на военное время;

сосредоточение усилий территориальных сил и средств ГСЧС и ГО на решении совместных задач;

формирование единых оперативно-технических (тактико-технических) требований по созданию или модернизации различных технических, систем и средств для решения задач ГЗ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов, М.М. Перспективы создания государственной системы гражданской защиты / М.М. Тихонов, М.Н. Субботин, С.С. Бордак // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 386–391. DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.386. – EDN: XWQHSP.
2. Бордак, С.С. О возможности развития гражданской обороны в Республике Беларусь путем создания единой государственной системы гражданской защиты / С.С. Бордак, М.Н. Субботин, М.М. Тихонов // Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 87–92. – EDN: UHHCET.
3. Тихонов, М.М. Возможные перспективы развития гражданской обороны в Республике Беларусь / М.М. Тихонов, М.Н. Субботин, С.С. Бордак, А.С. Васюкевич // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 91–100. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.91. – EDN: YSGWWL.
4. Багдасарян, А.О. К вопросу о создании государственной системы гражданской защиты в Российской Федерации (исторический аспект) / А.О. Багдасарян // Современная научная мысль. – 2023. – № 1. – С. 178–187. – DOI: 10.24412/2308-264X-2023-1-178-187. – EDN: FDQUME.
5. Бережно хранить и множить славные традиции гражданской обороны СССР: (К 30-летию Победы в Великой Отечественной войне). – М.: [б. и.], 1975. – 39 с.
6. Законодательное обеспечение защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: монография / С.Н. Азанов, Л.В. Андриченко, В.Н. Галочкин [и др.]; под общ. ред. В.А. Пучкова. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. – 312 с. – EDN: QIZTZV.
7. Оперативное управление мероприятиями РСЧС: сб. лекций для руководящего состава МЧС России / Под общ. ред. В.Ф. Мищенко. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ИПП «КУНА», 2004. – Книга 1. – 500 с.
8. Какой будет гражданская оборона через четверть века // Гражданская защита. – 2016. – № 5. – С. 38–41.
9. Костров, А.В. Интеграция понятия «гражданская оборона» с понятием «гражданская защита» // Технологии гражданской безопасности. – 2017. – Т. 14, № 1 (51). – С. 84–89. – EDN: YHMTVL.
10. Пархомчик, Э.А. Концепция развития государственной системы гражданской защиты в Республике Беларусь / Э.А. Пархомчик, И.К. Мурзич, Н.Е. Бузин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 2. – С. 203–212. – DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.203. – EDN: UMRBEL.

**Возможные перспективы создания в Республике Беларусь единой системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий**

**Possible prospects of creating in the Republic of Belarus a unified system for protecting the population and territories from natural and man-made emergency situations, as well dangers arising during military operations**

**Полевода Иван Иванович**

доктор технических наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь»,  
начальник университета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: ip@ucp.by

SPIN-код: 1662-9457

**Ivan I. Palevoda**

Grand PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Head of University

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

**Тихонов Максим Михайлович**

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра гражданской  
защиты, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: timax1978@gmail.com

SPIN-код: 7967-3004

**Maksim M. Tikhonov**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Civil Protection,  
Head of Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: timax1978@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7631-8750

**Пархомчик Эдуард Александрович**

кандидат военных наук

Учреждение «Научно-исследовательский  
институт пожарной безопасности и проблем  
чрезвычайных ситуаций» Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики  
Беларусь, отдел исследований в области  
гражданской защиты, начальник отдела

Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, г. Минск, Беларусь

Email: parkhomchike@mail.ru

**Eduard A. Parkhomchik**

PhD in Military Sciences

Institution «Scientific and Research Institute  
of Fire Safety and Emergency Situations»  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus,  
Civil Protection Research Department,  
Head of Department

Address: Soltysa str., 183a,  
220046, Minsk, Belarus

Email: parkhomchike@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1520-2823

**POSSIBLE PROSPECTS OF CREATING IN THE REPUBLIC OF BELARUS  
A UNIFIED SYSTEM FOR PROTECTING THE POPULATION AND TERRITORIES  
FROM NATURAL AND MAN-MADE EMERGENCY SITUATIONS, AS WELL  
DANGERS ARISING DURING MILITARY OPERATIONS**

**Palevoda I.I., Tikhonov M.M., Parkhomchik E.A.**

*Purpose.* To analyze the possibility and make proposals for creating a unified system for protecting the population and territories of the Republic of Belarus from natural and man-made emergencies and military-related hazards.

*Methods.* General scientific research methods include analysis and synthesis, comparison, and generalization.

*Findings.* Proposals have been developed to create a unified system for protecting the population and territories of the Republic of Belarus from natural and man-made emergencies, as well as from the dangers associated with military operations.

*Application field of research.* The results of the work can be used in practical activities when developing regulatory legal acts.

*Keywords:* civil defense, emergency, peacetime, wartime, system, prevention and elimination of emergencies, management body, forces and means, civil defense headquarters, emergency commission.

(The date of submitting: July 1, 2025)

**REFERENCES**

1. Tikhonov M.M., Subbotin M.N., Bordak S.S. Perspektivy sozdaniya gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity [Perspectives of the creation of the state system of civil protection]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 3. Pp. 386–391. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.386. EDN: XWQHSP.
2. Bordak S.S., Tikhonov M.M., Subbotin M.N. O vozmozhnosti razvitiya grazhdanskoy oborony v Respublike Belarus' putem so zdaniya edinoy gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity [Possibility of development of civil defense in Republic of Belarus by creation of uniform state system of civil protection]. *Vestnik komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2015. No. 2 (22). Pp. 87–92. (rus). EDN: UHH CET.
3. Tikhonov M.M., Subbotin M.N., Bordak S.S., Vasyukevich A.S. Vozmozhnye perspektivy razvitiya grazhdanskoy oborony v Respublike Belarus' [Possible prospects of development of civil defense in the Republic of Belarus]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 91–100. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.91. EDN: YSGWWL.
4. Bagdasaryan A.O. K voprosu o sozdanii gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity v Rossiyskoy Federatsii (istoricheskiy aspekt) [On the issue of creating a state system of civil protection in the Russian Federation (historical aspect)]. *Modern Scientific Thought*, 2023. No. 1. Pp. 178–187. (rus). DOI: 10.24412/2308-264X-2023-1-178-187. EDN: FDQUME.
5. *Berezhno khranit' i mnozhit' slavnnye traditsii grazhdanskoy oborony SSSR: (K 30-letiyu Pobedy v Velikoy Otechestvennoy voyne)* [To preserve and multiply the glorious traditions of the USSR Civil Defense: (On the 30th Anniversary of Victory in the Great Patriotic War)]. Moscow, 1975. 39 p. (rus)
6. Azanov S.N., Andrichenko L.V., Galochkin V.N., Glebov V.Yu., Kostrov A.V., Nazarenko E.K., Plyugina I.V., Savchenkov S.N. *Zakonodatel'noe obespechenie zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy* [Legislative support for protecting the population and territories from emergencies]: monograph. Ed. by V.A. Puchkov. Moscow: VNIIGOChS of EMERCOM of Russia, 2012. 312 p. (rus). EDN: QIZTZV.
7. Operativnoe upravlenie meropriyatiyami RSChS [Operational management of emergency management events RSEM]: collection of lectures for senior officials of the Russian Ministry of Emergency Situations. Ed. by V.F. Mishchenko. Moscow: KUNA, 2004. Book 1. 500 p. (rus)
8. Kakoy budet grazhdanskaya oborona cherez chetvert' veka [What will civil defense be like in a quarter of a century?]. *Grazhdanskaya zashchita*, 2016. No. 5. Pp. 38–41. (rus)

9. Kostrov A.V. Integratsiya ponyatiya «grazhdanskaya oborona» s ponyatiem «grazhdanskaya zashchita» [Integration of the concepts «civil defense» and «civil protection»]. *Civil Security Technology*, 2017. Vol. 14, No. 1 (51). Pp. 84–89. (rus). EDN: YHMTVL.
10. Parkhomchik E.A., Murzich I.K., Buzin N.E. Kontseptsiya razvitiya gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity v Respublike Belarus' [The concept of development of the state system of civil protection in the Republic of Belarus]. *Journal of Civil Protection*, 2020. Vol. 4, No. 2. Pp. 203–212. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.203. EDN: UMRBEL.

Copyright © 2025 Palevoda I.I., Tikhonov M.M., Parkhomchik E.A.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ЛИЧНОСТНЫЙ АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И СТРАТЕГИИ СОВЛАДАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ

Степанова Н.В.

*Цель.* Систематизировать и обобщить существующие научные представления о феномене «психологическая устойчивость».

*Методы.* Комплексно-комбинированный метод (анализ, синтез, индукция, дедукция).

*Результаты.* Определена совокупность ключевых характеристик психологической устойчивости, отражающих как личностные, так и профессиональные аспекты. Выявлены общие и специфические факторы, обуславливающие развитие психологической устойчивости в условиях повышенных психофизиологических нагрузок. Анализируются механизмы, способствующие развитию психологической устойчивости, как фактора, способствующего эффективному совладанию со стрессом, а также рассматриваются ключевые аспекты личностного адаптационного потенциала. Показано, что формирование психологической устойчивости может рассматриваться и как результат развития врожденных свойств нервной системы, и как следствие организованной психологической подготовки. Сформулировано определение психологической устойчивости, отражающее ее роль в эффективном совладании со стрессом и сохранении работоспособности.

*Область применения исследований.* Результаты могут использоваться при проведении прикладных исследований в области повышения эффективности профессиональной подготовки специалистов опасных профессий, а также в образовательном процессе при написании методических материалов, лекций, учебных пособий и др.

*Ключевые слова:* психологическая устойчивость, курсант, профессиональная деятельность, стресс, адаптивность, стратегии совладания.

(Поступила в редакцию 24 марта 2025 г.)

### Введение

Особую актуальность приобретает изучение такого феномена, как психологическая устойчивость, отражающего способность человека сохранять оптимальный уровень функционирования и продуктивности в условиях стресса и экстремальных ситуациях. Психологическая устойчивость в данном контексте определяется как способность эффективно реагировать на стрессовые факторы и оперативно восстанавливаться после их воздействия. Она рассматривается в качестве существенного ресурса, позволяющего снизить негативное влияние стресса на поведение, когнитивные функции и эмоциональное здоровье. Также затрагивается понятие профессионально-психологической устойчивости, которая характеризуется высоким уровнем реакции на экстремальные факторы, возникающие в процессе профессиональной деятельности.

Важным аспектом является рассмотрение теоретических основ формирования психологической устойчивости с акцентом на личностный адаптационный потенциал и стратегии совладающего поведения. Личностный адаптационный потенциал включает совокупность индивидуально-психологических качеств и ресурсов, позволяющих личности успешно преодолевать трудности и адаптироваться к новым условиям жизнедеятельности. В структуре личностного адаптационного потенциала, по мнению А.Г. Маклакова, выделяются такие компоненты, как нервно-психическая устойчивость, коммуникативные способности, моральная нормативность, внутренняя локализация контроля, самооценка и мотивация достижения.

Совладающее поведение предполагает осознанные усилия, направленные на минимизацию негативного воздействия стресса, и может включать как активные действия по изменению ситуации, так и эмоциональную регуляцию и переоценку происходящего. Эффективное использование стратегий совладания способствует не только снижению уровня стресса,

но и укреплению психологической устойчивости, что особенно важно для специалистов, работающих в условиях риска.

Таким образом, актуальной задачей становится изучение теоретических основ и выявление условий, которые способствуют формированию психологической устойчивости как способности сохранять оптимальное функционирование и адаптироваться в условиях стресса и экстремальных ситуациях. Это качество имеет особое значение в профессиональной сфере, особенно для специалистов, работающих в условиях повышенного риска.

### Основная часть

Для более глубокого понимания термина «психологическая устойчивость» целесообразно вначале обратиться к понятию «устойчивость». Данная категория изначально вошла в психологию из технических и естественно-научных дисциплин и отличается достаточно широким, многоплановым и многозначным содержанием. При этом термин «устойчивость» может соотноситься с такими понятиями, как постоянство, надежность, толерантность и выносливость, однако данные слова не являются синонимами, поскольку имеют различные смысловые нюансы [1].

В научной литературе выделяют два основных подхода к трактовке устойчивости: как процесса и как личностной черты. В первом случае подчеркивается, каким образом люди преодолевают возникающие трудности, тогда как во втором акцентируется наличие у человека определенного набора качеств, способствующих его адаптации к разнообразным условиям. При этом единое общепринятое определение отсутствует, однако многие исследователи сходятся во мнении, что устойчивость личности подразумевает способность противостоять внутренним и внешним неблагоприятным факторам, а также сохранять адаптивность и гибкость при изменении внешней среды.

В словаре В.И. Даля «устойчивость» определяется, как свойство и качество. «Устойчивый – значит стойкий, крепкий, твердый, не шаткий, в прямом и переносном значении. Упрямый, упорный, настойчивый» [2, с. 529].

В словаре терминов «Терминологическая культура специалиста пожарно-технического профиля» психологическая устойчивость характеризуется как совокупность определенных качеств и свойств психики, благодаря которым организм сохраняет способность к адекватной и эффективной жизнедеятельности под воздействием каких-либо неблагоприятных факторов. Степень устойчивости – величина непостоянная и зависит от следующих факторов: зоны стабильности – количество воздействий, которые человек может выдержать при условии, что они не будут иметь разрушительный характер; знания алгоритма действий, несущих положительный результат в определенных ситуациях; профессиональных навыков; навыков саморегуляции; знания особенностей поведения и реакций человека в определенных ситуациях; свойства нервной системы и т.п. [3, с. 49].

В научной литературе отмечается множество подходов к осмыслению концепции устойчивости, на формирование которых в значительной мере влияют социокультурные и исторические условия. Активное изучение данного феномена в рамках различных отраслей психологии началось в 1950–1980-е гг. XX в., однако единого общепринятого определения этого феноменологического явления до сих пор не сформировалось. В русскоязычной научной традиции психологическая устойчивость трактуется неоднозначно: ее понимают и как характеристику личности, позволяющую сохранять стабильность психики в сложных и экстремальных обстоятельствах, и как способность человека придерживаться личностных позиций (установок, взглядов, убеждений), выступающих опосредующим звеном между ситуацией и поведением. Таким образом, психологическая устойчивость часто рассматривается как неотъемлемое свойство личности.

Исследованию психологической устойчивости в качестве личностного свойства посвящены работы Л.И. Божович, К.К. Платонова и В.Э. Чудновского. Так, Л.И. Божович, изучая личностное развитие ребенка, отметила, что личность формируется при наличии собственных взглядов, отношений, моральных установок и требований, а также при четком осознании жизненных целей. Эти факторы обеспечивают относительную устойчивость и независимость личности от внешнего воздействия, противоречащего ее интересам. В данной интерпретации психологическая устойчивость личности определяется способностью адаптироваться к динамичным условиям окружающей среды без утраты индивидуальности, а также напрямую связана с возможностями саморегуляции и саморазвития [4, с. 438–443].

Согласно К.К. Платонову психологическая устойчивость личности формируется у человека в процессе его развития и не является генетически обусловленной. Психологическая устойчивость детерминируется темпераментом и во многом обусловлена свойствами центральной нервной системы, которая формирует индивидуальные особенности психических процессов. На ее развитие также влияют такие факторы, как воспитание, жизненный опыт, уровень развития и т.д. Таким образом, можно говорить об интегративности психологической устойчивости, складывающейся под воздействием множества взаимодействующих факторов [5].

В.Э. Чудновский определял устойчивость личности как способность человека сохранять и реализовывать в различных условиях личностные позиции, обладать определенным иммунитетом к воздействиям, противоречащим его личностным установкам, взглядам и убеждениям [6, с. 54].

Иными словами, это устойчивость личности к воздействиям различного рода, способность не отказываться от личных установок и убеждений, а также сохранять свои позиции. Таким образом, можно сказать, что устойчивость личности может быть проинтерпретирована двояко: как готовность личности к изменениям под влиянием неожиданных обстоятельств и как сохранность личностью собственных убеждений и ценностей в меняющихся ситуациях. Также автор указывал, что поведение человека определяется двумя способами действия: приспособлением к ситуации и преобразованием обстоятельств.

При рассмотрении феномена психологической устойчивости в контексте конкретных ситуаций данное понятие нередко соотносится с рядом смежных терминов, в том числе эмоциональной устойчивостью, эмоциональной стабильностью, устойчивостью личности, стрессоустойчивостью и фрустрационной толерантностью. Поскольку в научном дискурсе эти категории нередко пересекаются и используются взаимозаменяемо, процесс выявления их феноменологической сущности и разграничения оказывается затрудненным.

В научной традиции эмоциональная устойчивость являлась объектом исследования как психологов, так и физиологов. В частности, Л.М. Аболин трактует данное явление как свойство, характеризующее индивида в процессе напряженной деятельности, при котором отдельные эмоциональные процессы, гармонически взаимодействуя между собой, способствуют успешному достижению поставленной цели [7]. Исходя из этого определения, эмоциональная устойчивость подразумевает способность психики сохранять высокую активность в неблагоприятных ситуациях.

Кроме того, данный феномен рассматривался в контексте продуктивности и эффективности профессиональной деятельности в рамках инженерной и трудовой психологии (П.Б. Зильберман), а также спортивной и педагогической психологии (А.Д. Гиссен, Д.А. Грей, О.В. Дашкевич, Г.Г. Магомедова, О.А. Сиротин, К.С. Фехретдинов, О.А. Черникова). Как фактор, отражающий изменчивость и приспособляемость личности в условиях интенсивной деятельности, эмоциональная устойчивость была предметом исследования у Б.А. Вяткина, Э. Гельгорна, В.М. Игуменова, Л.А. Китаева-Смыка, А.Е. Ольшанниковой, В.М. Писаренко, К.К. Платонова, Я. Рейковского. Таким образом, в русскоязычных исследованиях психологическая устойчивость зачастую рассматривалась в более узком аспекте, непосредственно связанном с продуктивностью и эффективностью профессиональной или иной специализированной деятельности.

Важно отметить, что А.М. Столяренко [8, с. 391–392] вводит понятие профессионально-психологической устойчивости, рассматривая ее как способность личности сохранять оптимальные параметры деятельности в экстремальных условиях. В отличие от психологической устойчивости профессионально-психологическая устойчивость характеризуется повышенным уровнем реагирования на экстремальные факторы, возникающие в ходе профессиональной деятельности. Эти качества формируются постепенно в процессе профессионального становления или могут быть развиты быстро в ходе организованной экстремально-психологической подготовки.

А.М. Столяренко выделяет несколько ключевых компонентов, составляющих структуру профессионально-психологической устойчивости. Первым и основополагающим компонентом является практический опыт деятельности в сложных и опасных условиях, который можно моделировать в рамках профессионально-психологической подготовки. Вторым важным аспектом является сниженная эмоциональная чувствительность к стрессогенным ситуациям, характерным для профессиональной деятельности.

Кроме того, А.М. Столяренко акцентирует внимание на развитии волевых качеств, таких как способность к самоконтролю, стойкость, мужество, решительность и смелость. Эмоционально-волевая устойчивость также играет значительную роль в этой структуре.

К числу других важных элементов относятся устойчивые профессиональные компетенции для работы в экстремальных ситуациях, а также способности к саморегуляции своих психических состояний и поведения. Наконец, некоторые психофизиологические качества, такие как возбудимость, эмоциональность, уравновешенность, готовность к риску, стрессоустойчивость, сила нервных процессов и способность противостоять психическому напряжению, также являются частью профессионально-психологической устойчивости.

Таким образом, профессионально-психологическая устойчивость представляет собой многогранное понятие, включающее как личностные, так и профессиональные аспекты, что делает ее важной для успешной деятельности в экстремальных условиях [8].

Психологическая устойчивость изначально рассматривалась в зарубежной литературе как устойчивая черта характера, однако в современном понимании она определяется как способность преодолевать стресс и восстанавливаться после него. Исследования в области психологической устойчивости у спасателей-пожарных начали активно развиваться с 2012 г., что делает эту область относительно новой.

Современные исследования описывают устойчивость как динамический процесс, который невозможно изолировать от контекста, что указывает на возможность ее развития (Бернабе и Ботия, 2016; Блейни и Брансен, 2015; Кроу и др., 2017; Джойс и др., 2018; Каплан и др., 2017; Хадем и др., 2017; Ким и др., 2018; Ли и др., 2014; Пьетрантони и Прати, 2008; Швердтфегер и Дик, 2018). Это восприятие соответствует современным взглядам на психологическую устойчивость.

В зарубежной научной традиции психологическая устойчивость нередко трактуется как личностная черта, что в целом соотносится с подходами отечественных исследователей, а также как процесс адаптации. В частности, в работах Р.Х. Пиетрзака, Дж.А. Бонанно, К.М. Коннора и Й. Эшеля понятие психологической устойчивости характеризуется именно как динамика приспособления к постоянно меняющимся условиям внешней среды. При этом первые исследования, посвященные данному феномену, относятся к 1970-м гг., когда М. Раттер изучал механизмы адаптации у детей, переживших материнскую депривацию [9].

Согласно психологическому словарю Американской психологической ассоциации, психологическая устойчивость – это процесс и результат успешной адаптации к сложным жизненным ситуациям, основанный на ментальной, эмоциональной и поведенческой гибкости, а также на способности приспосабливаться к внешним и внутренним требованиям. На адаптацию к невзгодам влияют различные факторы, включая: а) восприятие мира и взаимодействие с ним, б) доступность и качество социальных ресурсов, в) конкретные стратегии преодоления трудностей. Психологические исследования показывают, что ресурсы и навыки, способствующие более позитивной адаптации (т.е. большей жизнестойкости), можно развивать и тренировать, что также относится к понятию психологической устойчивости [10].

В соответствии с исследованиями А. Систо, Ф. Вичинанца, Л.Л. Кампанонци, Д. Риччи, Д. Тартальни, В. Тамбоне [11] в рамках изучения психологической устойчивости выделяются пять ключевых макрокатегорий:

- способность к восстановлению;
- тип функционирования, характерный для конкретного индивида;
- умение возвращаться к прежнему состоянию;
- динамический процесс, эволюционирующий во времени;
- позитивная адаптация к условиям жизни.

С учетом данных категорий в зарубежной научной литературе психологическая устойчивость преимущественно рассматривается как способность к эффективной адаптации в условиях постоянно меняющихся жизненных обстоятельств. Именно адаптация обеспечивает человеку нормальную жизнедеятельность и позволяет сохранять оптимальное функционирование при воздействии внешних стрессовых факторов [12].

Феномен адаптации описывается в работах Г. Селье, И.П. Павлова, И.М. Сеченова, Ф.Б. Березина, А.Г. Маклакова и др. [13]. Г. Селье, И.П. Павлов, И.М. Сеченов рассматривают адаптацию в большей степени на физиологическом уровне, т.е. как процесс поддержания гомеостаза и приспособление организма к внешним меняющимся условиям [14–16]. Ф.Б. Березин рассматривает адаптацию на психологическом и психофизиологическом уровне.

нях. Под адаптацией он понимает процесс сохранения не только физиологического, но и психического гомеостаза; оптимальное постоянное взаимодействие человека с окружающей средой и установление наиболее эффективного соответствия между физиологическими и психологическими факторами в процессе формирования относительно стабильных психофизиологических отношений [17].

Понятие «личностный адаптационный потенциал», введенное А.Г. Маклаковым, подчеркивает важность различных характеристик, которые влияют на устойчивость человека к экстремальным факторам. Эти характеристики включают нервно-психическую устойчивость, которая обеспечивает толерантность к стрессу, адаптивные способности личности и моральную нормативность, играющую ключевую роль в адекватном восприятии окружающей действительности и собственных возможностей.

А.Г. Маклаков акцентирует внимание на том, что адаптация представляет собой не только динамический процесс, но и свойство, присущее любой живой саморегулируемой системе. Это свойство позволяет индивидам адаптироваться к изменениям во внешней среде, а уровень его развития определяет границы, в пределах которых возможна адаптация.

Таким образом, личностный адаптационный потенциал является важным индикатором способности человека к адаптации в условиях стресса и экстремальных ситуаций, а также ключевым фактором, влияющим на скорость восстановления психического равновесия.

При рассмотрении проблем адаптации человека принято выделять три функциональных уровня: физиологический, психологический и социальный [18, с. 442]. Предполагается, что способность к адаптации является не только индивидуальной, но и личностной характеристикой. Оценку адаптационных возможностей личности можно провести на основе уровня развития ключевых психологических характеристик, которые регулируют психическую деятельность и процесс адаптации. С увеличением уровня развития этих характеристик возрастает вероятность успешной адаптации и расширяется круг внешних факторов, к которым человек способен адаптироваться. Данные психологические особенности личности взаимосвязаны и составляют одну из интегральных характеристик психического развития личности – личностный адаптационный потенциал. Он не является врожденным, а формируется в результате учебной, трудовой деятельности. Так, чем выше уровень личностного адаптационного потенциала, тем успешнее личность может выполнять профессиональные обязанности и сохранять работоспособность в экстремальных ситуациях [19, с. 21].

Психологическая устойчивость личности в значительной степени определяется ее способностью к совладающему поведению, которое играет ключевую роль в преодолении стрессовых и экстремальных жизненных ситуаций. Совладающее поведение представляет собой совокупность адаптивных стратегий, направленных на эффективное преодоление различных жизненных и профессиональных трудностей [20].

Согласно трансакционной когнитивной теории стресса, разработанной Р. Лазарусом и С. Фолкман [21], процесс преодоления трудностей рассматривается через призму когнитивных и поведенческих механизмов адаптации к стрессу. Ученые выделили два основных типа совладающего поведения: проблемно-ориентированное и эмоционально-ориентированное поведение. В рамках предложенной классификации также определены конкретные стратегии совладания, такие как дистанцирование, самоконтроль, положительная переоценка, конфронтация, принятие ответственности, поиск социальной поддержки, бегство – избегание и планирование решений.

Выбор стратегий совладания оказывает прямое влияние на эмоциональное состояние человека, его работоспособность и уровень адаптивности. Эффективность применения этих стратегий обусловлена индивидуальными психологическими характеристиками, включая текущее эмоциональное состояние, физическое здоровье, уровень удовлетворенности жизнью, самооценку, а также характер последствий, возникающих в результате преодоления стрессовых ситуаций.

Формирование конструктивных стратегий совладания включает не только пассивное приспособление к обстоятельствам, но и целенаправленную работу по изменению внешних условий и внутренних установок.

В целом совладающее поведение может быть охарактеризовано как осознанная социально-психологическая активность, направленная на преодоление жизненных трудностей посредством использования стратегий, соответствующих личностным ресурсам и конкретному контексту. Развитие психологической устойчивости тесно связано с формированием

и совершенствованием навыков совладания со стрессом: чем выше уровень развития стратегий совладания, тем выше способность личности сохранять стабильность и функциональность в условиях внешнего давления. Таким образом, стратегии совладающего поведения выступают неотъемлемым компонентом психологической устойчивости, обеспечивая эффективную адаптацию и сопротивляемость деструктивным факторам среды.

### Заключение

Изучение формирования психологической устойчивости у специалистов профессий, связанных с риском и профессиональным стрессом, становится особенно актуальным в современных условиях. Эта работа сопряжена с постоянным воздействием различных психотравмирующих факторов на физиологическую, психологическую и эмоциональную сферы жизнедеятельности таких специалистов. Эффективность выполнения профессиональных задач во многом определяется совокупностью индивидуально-личностных особенностей, уровнем профессиональной подготовки, а также способностью к психической саморегуляции и контролю над своим поведением и состоянием [22].

Таким образом, психологическая устойчивость представляет собой многомерный феномен, проявляющийся по-разному в зависимости от конкретных обстоятельств. В стрессовых ситуациях одни личности демонстрируют высокую устойчивость и эффективное совладающее поведение, тогда как другие испытывают значительные затруднения. Важным аспектом является личностный адаптационный потенциал, который влияет на способность человека преодолевать трудности и адаптироваться к изменяющимся условиям. Психологическая устойчивость может интерпретироваться как личностная характеристика, отражающая внутренние свойства индивида, а также как динамический процесс, изменяющийся под воздействием жизненного опыта и внешних условий. При этом данное качество не сводится исключительно к врожденным особенностям, а формируется и развивается в ходе жизнедеятельности человека.

Рассматриваемый феномен играет ключевую роль в сохранении эмоционального равновесия и стабильности в условиях стресса, способствуя как успешной адаптации к меняющимся условиям, так и высокой результативности в профессиональной деятельности. Психологическая устойчивость интегрирует механизмы адаптации, которые позволяют человеку эффективно преодолевать трудности и сохранять оптимальное функционирование в экстремальных условиях.

Таким образом, нами психологическая устойчивость определяется как способность личности сохранять эмоциональное равновесие и стабильность в условиях экстремальных факторов, что способствует повышению продуктивности и эффективному совладанию со стрессом, улучшая адаптивность к изменяющимся условиям социальной среды.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Казанков, В.В. Психология устойчивости / В.В. Казанков. – СПб.: Издательские решения, 2019. – 324 с. – ISBN 9785449675156.
2. Даль, В. Толковый словарь живого великорусского языка / В. Даль. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.; М.: М.О. Вольф, 1882. – Т. 4: Р–V. – 723 с.
3. Терминологическая культура специалиста пожарно-технического профиля: словарь терминов / Сост. Ж.Е. Ермолаева, В.А. Смирнова, И.Н. Герасимова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 82 с.
4. Божович, Л.И. Личность и ее формирование в детском возрасте / Л.И. Божович. – М.: Просвещение, 1968. – 464 с.
5. Платонов, К.К. Структура и развитие личности / К.К. Платонов. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
6. Чудновский, В.Э. Нравственная устойчивость личности: психологическое исследование / В.Э. Чудновский. – М.: Педагогика, 1981. – 208 с.
7. Аболин, Л. М. Эмоциональная устойчивость и пути ее повышения / Л.М. Аболин // Вопросы психологии. – 1989. – № 4. – С. 141–148.
8. Энциклопедия юридической психологии / под общ. ред. А. М. Столяренко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 607 с.
9. Su, P. Visual analysis of psychological resilience research based on Web of Science database / P. Su, J. Yi, X. Chen, Y. Xiao // Psychology Research and Behavior Management. – 2023. – Vol. 16. – P. 465–481. – DOI: 10.2147/PRBM.S394693.

10. Resilience // APA Dictionary of Psychology: [website]. – URL: <https://dictionary.apa.org/resilience> (date of access: 21.02.2025).
11. Sisto, A. Towards a transversal definition of psychological resilience: a literature review / A. Sisto, F. Vicinanza, L.L. Campanozzi, G. Ricci // *Medicina*. – 2019. – Vol. 55, No. 11. – Article 745. – 22 p. – DOI: 10.3390/medicina55110745.
12. Fletcher, D. Psychological resilience: A review and critique of definitions, concepts, and theory / D. Fletcher, M. Sarkar // *European Psychologist*. – 2013. – Vol. 18, No. 1. – P. 12–23. – DOI: 10.1027/1016-9040/a000124.
13. Сороко, С.И. Индивидуальные стратегии адаптации человека в экстремальных условиях / С.И. Сороко, А.А. Алдашева // *Физиология человека*. – 2012. – Т. 38, № 6. – С. 78–86. – EDN: PEUHWV.
14. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье; пер. с англ. – М.: Медгиз, 1960. – 254 с.
15. Павлов, И.П. Полное собрание сочинений / И.П. Павлов. – Изд. 2-е, доп. – М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1951. – Т. 4. – 451 с.
16. Сеченов, И.М. Избранные произведения / И.М. Сеченов. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. – Т. 1: Физиология и психология. – 772 с.
17. Березин, Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека / Ф.Б. Березин. – Л.: Наука, 1988. – 269 с.
18. Маклаков А.Г. Общая психология / А.Г. Маклаков. – М.: Питер, 2012. – 582 с.
19. Маклаков, А.Г. Личностный адаптационный потенциал: его мобилизация и прогнозирование в экстремальных условиях / А.Г. Маклаков // *Психологический журнал*. – 2001. – Т. 22, № 1. – С. 16–24. – EDN: MPIBPN.
20. Крюкова, Т.Л. Психология совладающего поведения в разные периоды жизни / Т.Л. Крюкова. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2010. – 294 с. – ISBN 978-5-7591-1166-5.
21. Folkman, S. Appraisal, coping, health status, and psychological symptoms // S. Folkman, R.S. Lazarus, R.J. Gruen, A. DeLongis // *Journal of Personality Social Psychology*. – 1986. – Vol. 50, No. 3. – P. 571–579. – DOI: 10.1037/0022-3514.50.3.571.
22. Харин, В.В. Психологические особенности готовности к профессиональной деятельности курсантов образовательных учреждений ГПС МЧС России / В.В. Харин, О.В. Стрельцов, С.И. Рюмина // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. – 2017. – Т. 1, № 8. – С. 390–393. – EDN: ZPEIVL.

**Психологическая устойчивость: личностный адаптационный потенциал  
и стратегии совладающего поведения**

**Psychological resilience: personal adaptive potential and strategies of coping behavior**

---

***Степанова Наталья Валерьевна***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра гуманитарных  
наук, старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: [gumanitar@ucp.by](mailto:gumanitar@ucp.by)

SPIN-код: 8453-8184

***Natal'ya V. Stepanova***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry  
for Emergency Situations of the Republic  
of Belarus», Chair of Humanities,  
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: [gumanitar@ucp.by](mailto:gumanitar@ucp.by)

ORCID: 0009-0006-1821-8421

## PSYCHOLOGICAL RESILIENCE: PERSONAL ADAPTIVE POTENTIAL AND STRATEGIES OF COPING BEHAVIOR

Stepanova N.V.

*Purpose.* To systematize and generalize traditional scientific ideas about the phenomenon of «psychological stability».

*Methods.* Complex-combined method (analysis, synthesis, induction, deduction).

*Findings.* A set of key characteristics of psychological stability, reflecting both personal and professional aspects, is defined. General and specific factors that determine the development of psychological stability under conditions of increased psychophysiological stress are identified. Mechanisms that contribute to the development of psychological stability as a factor that contributes to effective coping with stress are analyzed, and key aspects of personal adaptive potential are considered. It is shown that the formation of psychological stability can be considered both as a result of the development of innate properties of the nervous system and as a consequence of organized psychological training. A definition of psychological stability is formulated, reflecting its role in effective coping with stress and maintaining working capacity.

*Application field of research.* The results can be used in conducting applied research in the field of improving the efficiency of professional training of specialists in hazardous professions, as well as in the educational process when writing methodological materials, lectures, teaching aids, etc.

*Keywords:* psychological stability, cadet, professional activity, stress, adaptability, coping strategies.

(The date of submitting: March 24, 2025)

### REFERENCES

1. Kazankov V.V. *Psikhologiya ustoychivosti* [Psychology of resilience]. Saint Petersburg: Izdatel'skie resheniya, 2019. 324 p. (rus). ISBN 9785449675156.
2. Dal V. *Tolkovyy slovar' zhivogo velikorusskogo yazyka* [Explanatory dictionary of the living great Russian language]. 2<sup>nd</sup> ed., corrected and supplemented. Saint Petersburg; Moscow: M.O. Wolf, 1882. Vol. 4: P–V. 723 p. (rus)
3. Ermolaeva Zh.E., Smirnova V.A., Gerasimova I.N. *Terminologicheskaya kul'tura spetsialista pozharnotekhnicheskogo profilya* [Terminological culture of a fire-technical specialist]: dictionary of terms. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2015. 82 p. (rus)
4. Bozhovich L.I. *Lichnost' i ee formirovanie v detskom vozraste* [Personality and its formation in childhood]. Moscow: Prosveshchenie, 1968. 464 p. (rus).
5. Platonov K.K. *Struktura i razvitie lichnosti* [Structure and development of personality]. Moscow: Nauka, 1986. 255 p. (rus)
6. Chudnovskiy V.E. *Nravstvennaya ustoychivost' lichnosti: psikhologicheskoe issledovanie* [Moral stability of personality: Psychological research]. Moscow: Pedagogika, 1981. 208 p. (rus)
7. Abolin L.M. Emotsional'naya ustoychivost' i puti ee povysheniya [Emotional stability and ways to improve it]. *Voprosy psikhologii*, 1989. No. 4. Pp. 141–148. (rus)
8. *Entsiklopediya yuridicheskoy psikhologii* [Encyclopedia of legal psychology]. Ed. by A.M. Stolyarenko. Moscow: YuNITI-DANA, 2003. 607 p. (rus)
9. Su P., Yi J., Chen X., Xiao Y. Visual analysis of psychological resilience research based on Web of Science database. *Psychology Research and Behavior Management*, 2023. Vol. 16. Pp. 465–481. DOI: 10.2147/PRBM.S394693.
10. Resilience. *APA Dictionary of Psychology: [website]*. URL: <https://dictionary.apa.org/resilience> (accessed: February 21, 2025).
11. Sisto A., Vicinanza F., Campanozzi L.L., Ricci G. Towards a transversal definition of psychological resilience: a literature review. *Medicina*, 2019. Vol. 55, No. 11. Article 745. 22 p. DOI: 10.3390/medicina55110745.
12. Fletcher D., Sarkar M. Psychological resilience: A review and critique of definitions, concepts, and theory. *European Psychologist*, 2013. Vol. 18, No. 1. Pp. 12–23. DOI: 10.1027/1016-9040/a000124.
13. Soroko S.I., Aldasheva A.A. Individual strategies of human adaptation under extreme conditions. *Human Physiology*, 2012. Vol. 38, No. 6. Pp. 626–633. DOI: 10.1134/S0362119712060138. EDN: RGMJBT.
14. Selye H. *Ocherki ob adaptatsionnom sindrome* [The story of the adaptation syndrome]; translation from English. Moscow: Medgiz, 1960. 254 p. (rus)
15. Pavlov I.P. *Polnoe sobranie sochineniy* [Complete set of works]. 2<sup>nd</sup> ed., supplemented. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR, 1951. Vol. 4. 451 p. (rus)

16. Sechenov I M. *Izbrannye proizvedeniya* [Selected works]. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1952. Vol. 1: Fiziologiya i psikhologiya [Physiology and psychology]. 772 p. (rus)
17. Berezin F.B. *Psikhicheskaya i psikhofiziologicheskaya adaptatsiya cheloveka* [Mental and psychophysiological adaptation of a person]. Leningrad: Nauka, 1988. 269 p. (rus)
18. Maklakov A.G. *Obshchaya psikhologiya* [General psychology]. Moscow: Piter, 2012. 582 p. (rus)
19. Maklakov A.G. Lichnostnyy adaptatsionnyy potentsial: ego mobilizatsiya i prognozirovaniye v ekstremal'nykh usloviyakh [The personal adaptive potential: its mobilization and prognostication in extreme conditions]. *Psikhologicheskiy zhurnal*, 2001. Vol. 22, No. 1. Pp. 16–24. (rus). EDN: MPIBPN.
20. Kryukova T.L. *Psikhologiya sovladayushchego povedeniya v raznye periody zhizni* [Psychology of coping behavior in different periods of life]. Kostroma State University named after N.A. Nekrasov, 2010. 296 p. (rus). ISBN 978-5-7591-1166-5.
21. Folkman S., Lazarus R.S., Gruen R.J., DeLongis A. Appraisal, coping, health status, and psychological symptoms. *Journal of Personality Social Psychology*, 1986. Vol. 50, No. 3. P. 571–579. DOI: 10.1037/0022-3514.50.3.571.
22. Kharin V.V., Strel'tsov O.V., Ryumina S.I. Psikhologicheskie osobennosti gotovnosti k professional'noy deyatel'nosti kursantov obrazovatel'nykh uchrezhdeniy GPS MChS Rossii [Psychological features of readiness for professional activities of cadets of educational institutions of the State Fire Service of EMERCOM of Russia]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2017. Vol. 1, No. 8. Pp. 390–393. (rus). EDN: ZPEIVL.

Copyright © 2025 Stepanova N.V.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## **ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ОЧНОЙ ФОРМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЩЕГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Пасовец В.Н., Ковтун В.А.**

*Цель.* Определение методологических подходов и направлений формирования научно-исследовательских компетенций у обучающихся очной формы получения общего высшего образования.

*Методы.* Теоретический анализ.

*Результаты.* Предложены направления формирования научно-исследовательских компетенций у обучающихся очной формы получения общего высшего образования. Показано, что реализация указанных направлений требует применения комплексного подхода, включающего интеграцию научных исследований в образовательный процесс, внедрение системы наставничества, стимулирование обучающихся и профессорско-преподавательского состава, развитие программ академической мобильности и позволяющего значительно повысить уровень научно-исследовательских компетенций у обучающихся, а также подготовить их к успешной профессиональной деятельности.

Установлено, что образовательный процесс с элементами научно-исследовательской деятельности позволяет обучающимся не только углубить свои знания в конкретной области, но и развить навыки системного мышления, аналитического и критического анализа, а также умение работать с информацией и новыми технологиями. В ходе участия в научно-исследовательской деятельности обучающиеся не только развивают способности к рассуждению, обоснованию и аргументации своих выводов, а также к публичному представлению и защите результатов своей работы, но и осознают себя субъектом исследовательского процесса, приобретая при этом навыки решения научно-исследовательских задач.

*Область применения исследований.* Образовательный процесс очной формы получения общего высшего образования.

*Ключевые слова:* научно-исследовательская компетенция, образовательный процесс, общее высшее образование, учреждение высшего образования.

(Поступила в редакцию 19 марта 2025 г.)

### **Введение**

В современных условиях от человека требуется не только высокий уровень профессиональной квалификации, но и способность к саморазвитию, а также адаптации к ускоренным темпам научно-технического прогресса [1]. Эти характеристики становятся определяющими при формировании ценности индивида как личности и специалиста в условиях динамично меняющегося общества [2].

Образование, будучи социальным институтом, служит потребностям общества и является жизненно важным для его существования и успешного развития [3]. При этом оно должно не только быть всесторонним и качественным, но и постоянно развиваться, чтобы справляться с вызовами активно трансформирующегося мира [4].

Как отмечается в [5], одной из основных целей устойчивого развития государств является достижение высокого качества высшего образования, соответствующего потребностям инновационного развития экономики. Качественное высшее образование имеет решающее значение для наращивания кадрового потенциала, необходимого для развития, прогресса, социально-экономической и экологической устойчивости в любой точке мира [6].

В условиях динамичного развития мировой экономики, глобализации и стремительного роста информационных технологий образовательные учреждения сталкиваются с необходимостью подготовки кадров, способных успешно адаптироваться к изменяющимся условиям и эффективно решать сложные, многогранные вопросы [7]. Важнейшей задачей высшего образования становится не просто передача знаний, а развитие у обучающихся инновационно-исследовательской компетентности [8].

Исторически сложилось так, что высшее образование выполняло важную функцию в подготовке квалифицированных специалистов и воспринималось как обязательный

элемент для достижения профессиональной компетентности [9]. Университеты, традиционно являющиеся производителями «человеческого капитала», сталкиваются с новыми вызовами, связанными с изменением потребностей рынка труда, увеличением расходов на образование, демографическими изменениями, конкуренцией на международном уровне, необходимостью постоянного повышения качества образования [10].

Таким образом, учреждения высшего образования должны не только передавать знания, но и способствовать формированию у обучающихся умений, навыков и привычек, которые помогут им успешно конкурировать на рынке труда и адаптироваться к изменениям в своих профессиональных сферах [11]. В связи с этим система высшего образования должна играть активную роль в содействии развитию этих умений и навыков, предоставляя выпускникам учреждений высшего образования инструменты и возможности для непрерывного самообразования на протяжении всей жизни [12], например, открытые онлайн-курсы, позволяющие выпускникам изучать новые темы в удобное для них время, краткосрочные курсы по актуальным направлениям, способствующие быстрому освоению новых навыков, доступ к библиотечным ресурсам и научным базам данных, предоставляющий возможность оставаться выпускникам в курсе последних исследований и тенденций в области их практических и научных интересов [13].

Одной из задач подготовки специалистов для спасательных служб [14; 15], в том числе для Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, является развитие опыта профессиональной деятельности обучающихся посредством их участия в научных исследованиях. При этом обучающиеся накапливают знания, навыки и умения, необходимые для успешной деятельности в своей профессиональной области. Готовность к проведению научных исследований составляет важный аспект этого процесса, наряду со способностью действовать в условиях профессиональной неопределенности, при которой происходит взаимодействие с нестабильными или непредсказуемыми факторами, влияющими на рабочую среду или профессиональную деятельность [16; 17], например, в условиях пожара под действием высоких температур изменяются как прочностные характеристики железобетонных конструкций, так и механизмы разрушения данных конструкций, что может привести к обрушению зданий и сооружений, изготовленных изначально из достаточно прочных негорючих материалов [18].

Знания, которыми должны обладать обучающиеся как будущие работники Министерства по чрезвычайным ситуациям, должны быть целостными и соответствовать государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в рамках которой они будут работать. Будущий специалист в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций должен уметь интерпретировать незнакомые явления как в теоретическом, так и в практическом контексте, что позволит ему эффективно решать актуальные жизненные и профессиональные задачи [19; 20]. Это требует освоения методов теоретических и прикладных исследований, а также способности формулировать обоснованные выводы на основе результатов проведенных исследований, что является важным аспектом профессионального развития обучающихся.

Цель данной работы состояла в определении методологических подходов и направлений формирования научно-исследовательских компетенций у обучающихся очной формы получения общего высшего образования.

### Основная часть

**Методологические подходы формирования научно-исследовательских компетенций.** В последние годы в Республике Беларусь наблюдается повышенное внимание к вопросам интенсификации научно-исследовательской работы в учреждениях высшего образования, что обусловлено снижением основных показателей деятельности аспирантуры (адъюнктуры) в стране. Так, если в 2019 г. численность обучающихся в аспирантуре (адъюнктуре) составляла 5332 человека, то в 2021 г. – 4709 человек, а в 2023 г. – 4358 человек [21].

В настоящее время недостаток молодых людей, выбирающих технические и научные специальности, становится важной социальной проблемой [22]. Эта опасная тенденция может привести к нехватке кадров высшей научной квалификации, проводящих исследования и являющихся руководителями аспирантов и консультантами докторантов [23–25].

В этом контексте активно обсуждаются пути увеличения численности обучающихся, осваивающих программы научно ориентированного образования, и внедряются новые педагогические подходы, направленные на решение задач по формированию научно-

исследовательских компетенций обучающихся по программам общего высшего образования. При этом необходимо отметить, что научно-исследовательская работа обучающихся по программам общего высшего образования представляет собой ключевой инструмент, способствующий повышению качества их подготовки и успешному продолжению образования по программам углубленного высшего и научно ориентированного образования.

Формирование исследовательских навыков у обучающихся, получающих высшее образование, способствует развитию их критического мышления и умения решать сложные задачи [26; 27], а также напрямую влияет на рост научного потенциала учреждения высшего образования. Поскольку научные исследования являются одним из основных критериев оценки конкурентоспособности университетов на международном уровне [28], активное вовлечение обучающихся в исследовательскую деятельность способствует укреплению позиций учреждения в глобальном образовательном пространстве. Таким образом, целенаправленное развитие научно-исследовательских компетенций обучающихся не только способствует их личностному и профессиональному росту, но и является важнейшим условием повышения международной конкурентоспособности учреждений высшего образования.

Определение сущности понятия «научно-исследовательская компетенция» невозможно без предварительного анализа термина «компетенция», имеющего латинское происхождение и подразумевающего соответствие или пригодность. Исследование литературных источников позволило выявить несколько аспектов определения понятия «компетенция»: это область вопросов, в которых индивидум обладает значительными знаниями; совокупность полномочий и прав [29]; объем полномочий, закрепленных за конкретным органом или должностным лицом в соответствии с законодательством, уставами или иными нормативными актами, а также знание и опыт в определенной сфере [30]. Следовательно, компетенция может быть интерпретирована как способность индивида эффективно применять свои знания и умения на практике.

При этом отсутствие единой трактовки термина «компетенция» порождает множество дискуссий и разногласий [31]. В многообразии интерпретаций можно выделить три основных подхода к осмыслению содержания данного термина: личностный, акцентирующий внимание на внутренних характеристиках индивида; деятельностный, рассматривает компетенцию как результат взаимодействия индивида с окружающей средой; личностно-деятельностный, объединяющий оба предыдущих подхода.

Основными элементами научно-исследовательской компетенции являются знания, навыки и привычки, которые обучающийся имеет в определенной предметной области, а также способность к независимой познавательной деятельности [32].

В общем случае термин «компетенция» определяется как совокупность норм образовательного уровня обучающегося, которая в последующем будет способствовать успешной профессиональной деятельности [33].

Таким образом, наиболее приемлемым определением научно-исследовательской компетенции является способность и готовность личности результативно применять имеющиеся знания, умения и опыт в ходе исследовательской деятельности, а также в процессе решения учебно-познавательных, предметных и профессиональных задач [34].

Научно-исследовательская компетенция обучающихся в общем случае состоит из следующих умений.

1. Формулирование научно-исследовательских вопросов. Данное умение представляет собой важнейшую составляющую научных исследований. Правильно сформулированные научные вопросы не только определяют направление исследования, но и служат основой для методологического выбора, сбора данных и интерпретации полученных результатов. При этом процесс формулирования научно-исследовательских вопросов включает несколько последовательных этапов:

– *выбор темы исследования.* Изначально определяется область интереса, которая должна быть актуальной с точки зрения науки и практики. На этом этапе рекомендуется провести предварительный обзор существующей литературы, чтобы выявить пробелы в знаниях и определить наиболее значимые проблемы;

– *анализ литературных источников.* Проведение литературного обзора позволяет углубиться в существующие теории и проведенные исследования, выявить авторов, занимающихся научными изысканиями в данной научной области, и критически оценить их вклад, а также изучить методологические подходы, примененные в предыдущих работах. На данном этапе формируется теоретическая база предстоящих исследований. При этом проведение

литературного обзора позволяет избежать дублирования полученных научных результатов и результатов исследований, опубликованных другими авторами;

– *непосредственное формулирование вопросов.* На данном этапе переводятся выявленные проблемы и недостатки в знаниях в вид конкретных научно-исследовательских вопросов. При этом необходимо, чтобы вопросы соответствовали текущим научным и практическим потребностям в исследуемой области, были сформулированы четко и однозначно, что способствует их лучшему пониманию и интерпретации. Поставленные вопросы должны подразумевать ответ, вносящий новый вклад в существующее знание, который можно получить с помощью эмпирических исследований, требующих четко детерминированных методов сбора информации;

– *проверка и корректировка исследовательских вопросов.* Как правило, формулирование исследовательских вопросов является итеративным процессом. Пересмотр поставленных научно-исследовательских вопросов осуществляется по мере консультирования с экспертами и проведения предварительных исследований, которые позволяют выявить недостатки в разработанных формулировках научно-исследовательских вопросов и предложить их уточнения;

– *определение цели и задач исследования.* При этом необходимо учитывать, что цель исследования формулируется как общее направление, а задачи конкретизируют цель и разбивают ее на более мелкие компоненты, которые требуют решения. Каждая задача должна быть логически связана с общей целью и способствовать ее достижению.

2. Поиск и анализ информации. Данное умение является неотъемлемой частью научно-исследовательской деятельности в условиях стремительного развития информационных технологий и увеличения объема доступной информации. Процесс поиска и анализа информации включает следующие этапы:

– *определение центрального поискового запроса,* требующего понимания темы исследования, ее актуальности и границ исследования. На основании центрального поискового запроса определяются ключевые слова и фразы для поиска научной информации с использованием специализированных ресурсов, которые содержат рецензируемые статьи, тезисы докладов и патенты. На сегодня основными научными базами данных являются Scopus, Web of Science, Google Scholar, eLibrary, электронные библиотечные каталоги, репозитории открытого доступа, научно-информационная социальная сеть ResearchGate;

– *оценка найденной информации по критериям качества, надежности и достоверности.* При проведении оценки найденной информации необходимо учитывать квалификацию автора, его научный статус, количество публикаций, принадлежность к авторитетным научным или учебным учреждениям, а также время публикации. При этом представленные авторами исследования должны быть описаны с использованием четко определенных методов, которые можно воспроизвести, и опубликованы в рецензируемых изданиях;

– *анализ информации,* который включает объединение информации из различных источников, что способствует формированию более полной информационной картины об исследуемом объекте или процессе, выявление противоречий в случае, когда результаты исследований, полученные разными авторами, отличаются, и выводы, гипотезы и предположения, основанные на собранных теоретических и эмпирических данных, которые будут служить основой для дальнейших исследований.

3. Планирование и организация исследований. Умение, заключающееся в правильном выборе методов исследования, определении независимых и зависимых переменных. При этом необходимо учитывать, что независимые переменные – это факторы, которые подвергаются контролю и изменению, а зависимые переменные – это показатели, которые изменяются под влиянием независимых переменных.

4. Проведение экспериментов. Умение, позволяющее проводить экспериментальные исследования, включая сбор и анализ данных. При этом процесс сбора данных осуществляется в строгом соответствии с планом эксперимента и соблюдением этических норм и включает использование инструментов, методик и технологий, обеспечивающих достоверность получаемой информации. Ведение подробного протокола эксперимента и видеозаписи позволяет фиксировать все этапы и условия проведения экспериментальных исследований, что необходимо для последующего анализа полученных данных, а использование сертифицированных средств измерения обеспечивает их точность и достоверность. Анализ полученных данных, в том числе с использованием статистических методов обработки экспериментальных

результатов, представляет собой ключевой этап, на котором выявляются новые закономерности и проверяются ранее выдвинутые гипотезы.

5. Написание научных работ. Важнейшее умение, представляющее собой систематизированное изложение результатов научных исследований с использованием научной терминологии и основанное на принципах доказательности, объективности и логичности.

6. Презентация результатов исследований. Позволяет донести основные выводы работы до научного сообщества и заинтересованных сторон. Эффективное представление результатов на конференциях, семинарах, симпозиумах и других научных мероприятиях требует не только глубокого понимания предмета исследования, но и владения навыками риторики, построения структуры доклада, визуализации данных и специальной терминологией.

Формирование научно-исследовательских навыков у обучающихся напрямую связано с их готовностью к научной деятельности и принятию активного участия в решении проблем, с которыми сталкивается общество. Научно-исследовательская работа не ограничивается только академическими кругами. Она активно используется при обеспечении промышленной и пожарной безопасности, разработке мероприятий гражданской обороны.

В современном обществе все больше востребованы активные и инициативные специалисты, готовые к творческому мышлению и самостоятельному поиску решений. В связи с этим эффективная подготовка специалистов к будущей профессиональной деятельности требует корректировки методов обучения с акцентированием внимания на научно-исследовательской деятельности путем внедрения инновационных образовательных практик.

**Направления формирования научно-исследовательских компетенций.** Определение направлений формирования научно-исследовательских компетенций у обучающихся очной формы получения общего высшего образования может быть реализовано путем применения системного подхода, охватывающего различные аспекты образовательного процесса.

1. Интеграция научных исследований в образовательный процесс путем введения научных дисциплин в учебные программы и активное участие обучающихся в научных исследованиях.

Введение научных дисциплин в образовательный процесс можно произвести путем разработки и включения в учебные планы дисциплин, направленных на развитие исследовательских компетенций. В качестве таких дисциплин могут выступать, например, «Методология научных исследований и теория решения инновационных задач в области пожарной и промышленной безопасности», «Основы научного письма», «Научный и патентный поиск», «Исследовательские технологии».

Активное участие обучающихся в научных исследованиях заключается в разработке и включении научно-исследовательских заданий в образовательный процесс, например, выполнение практико-ориентированных курсовых работ или курсовых проектов с исследовательской составляющей, где обучающиеся исследуют реальные проблемы и ищут их решения, а также разработка учебных программ, при реализации которых обучающиеся получают возможность работать над реальными научными проектами под руководством профессорско-преподавательского состава или научных работников, что помогает развивать навыки критического мышления и оценки полученных результатов, анализа и синтеза информации, необходимые для успешной профессиональной деятельности. Такой подход не только способствует углубленному пониманию учебного материала, но и развивает навыки работы в команде и принятия обоснованных решений.

Сотрудничество с предприятиями и научно-исследовательскими организациями обеспечит обучающимся доступ к реальным проектам и ресурсам, повысит практическую значимость их исследований, а также предоставит возможность работы на современном исследовательском оборудовании. Кроме того, работа над реальными задачами будет способствовать формированию у обучающихся активной жизненной позиции, а также мотивировать к обучению, поскольку они имеют возможность увидеть практическое применение своих знаний. Внедрение научных исследований в образовательный процесс высшего образования является шагом к созданию будущих специалистов, способных справляться с вызовами современного мира.

2. Разработка и внедрение системы наставничества, в рамках которой профессорско-преподавательский состав сопровождает обучающихся в их исследовательской деятельности. В данном контексте при подборе профессорско-преподавательского состава для осуществления научно-педагогической деятельности необходимо учитывать, что современным

учреждениям высшего образования требуются компетентные и креативно мыслящие специалисты, способные находить оригинальные решения и активно вовлекать обучающихся в научно-исследовательскую и инновационную деятельность. Критериями оценки эффективности работы профессорско-преподавательского состава с обучающимися могут служить как количественные, так и качественные показатели публикационной активности обучающихся, а также их участие в научных и инновационных конкурсах международного и республиканского уровня, таких как Республиканский конкурс научных работ студентов, «100 идей для Беларуси», Республиканский конкурс инновационных проектов и ряд других.

3. Развитие исследовательской инфраструктуры в учреждениях высшего образования путем создания в рамках функционирования научных школ секций фундаментальных и прикладных практико-ориентированных исследований по соответствующим направлениям. Это будет способствовать объединению начинающих исследователей с общими научными интересами, стремящихся к расширению научного кругозора, получению углубленных исследовательских навыков, развитию личностных и профессиональных способностей, совершенствованию научной интуиции. Такой научно-педагогический подход позволит обучающимся приобрести навыки аналитического мышления, работы с литературными источниками и справочными материалами, архивными документами, а также формировать у студентов требуемые умения и навыки, необходимые для успешной научно-исследовательской деятельности.

4. Стимулирование вовлеченности обучающихся в научную деятельность путем включения результатов научной работы обучающихся в критерии оценки их успеваемости и применения системы материального и нематериального поощрения. При этом одним из направлений стимулирования обучающихся к научной деятельности является разработка и внедрение программ поощрения обучающихся за активное участие в научной деятельности, например, именных стипендий, грантов для молодых ученых, наград за лучшие исследования и участие в конкурсах, а также поощрение публикационной активности. Необходимо отметить, что мотивация достижения успеха также играет важную роль в успешном развитии исследовательской компетентности. Обучающиеся с высоким уровнем мотивации активнее ищут информацию, они более решительны, инициативны и чаще проявляют творческие и исследовательские способности.

5. Стимулирование профессорско-преподавательского состава к участию в научно-исследовательской деятельности, включающей работу в научных школах, публикацию статей, участие в конференциях, развитие собственных научных проектов, подготовку кадров высшей научной квалификации и руководство секциями фундаментальных и прикладных практико-ориентированных исследований по соответствующим направлениям, работающими в рамках функционирования научных школ.

6. Продвижение достижений обучающихся в научной деятельности через публикации на сайте учреждений образования, в социальных сетях и средствах массовой информации.

7. Развитие программ академической мобильности и участие обучающихся в международных конференциях и научно-исследовательских проектах.

Таким образом, представленные направления формирования научно-исследовательских компетенций у обучающихся по программам общего высшего образования подтверждают необходимость комплексного подхода к образовательному процессу. Реализация перечисленных направлений не только повысит качество подготовки специалистов и их готовность к решению современных задач в профессиональной сфере, но и заложит фундамент для обучения в магистратуре и аспирантуре (адъюнктуре), способствуя увеличению числа кадров с высшей научной квалификацией.

### **Заключение**

В условиях современного общества, характеризующегося быстрыми темпами научно-технического прогресса и углублением интеграции науки с образованием, формирование научно-исследовательских компетенций у обучающихся в учреждениях высшего образования становится неотъемлемой частью подготовки квалифицированных специалистов. Анализ текущей ситуации в системе высшего образования Республики Беларусь выявляет необходимость активизации научно-исследовательской деятельности, что обусловлено как сокращением численности аспирантов (адъюнктов), так и дефицитом кадров с высокой научной квалификацией.

Проведенный анализ подчеркивает важность внедрения новых методологических подходов, направленных на развитие исследовательских навыков, что способствует не только улучшению критического мышления, но и повышению конкурентоспособности университетов на международной арене. Основные элементы научно-исследовательской компетенции, включая умения формулировать научные вопросы, искать и анализировать информацию, планировать исследования, проводить эксперименты, писать научные работы и представлять результаты, служат основой для формирования активной и инициативной позиции обучающихся в решении актуальных социальных и профессиональных задач.

Предложены направления формирования научно-исследовательских компетенций у обучающихся очной формы получения общего высшего образования. Реализация предложенных направлений, разработанных на основе системного подхода, охватывающего интеграцию научных исследований в образовательный процесс, разработку программ наставничества, развитие исследовательской инфраструктуры и стимулирование участия обучающихся в научной деятельности, создаст условия для углубленного понимания учебного материала и развития необходимых профессиональных навыков, что позволит не только повысить качество подготовки обучающихся, но и заложить прочный фундамент для их дальнейшего обучения в магистратуре и аспирантуре (адъюнктуре), способствуя повышению результативности работы системы подготовки кадров высшей научной квалификации. Это, в свою очередь, будет способствовать прогрессу науки и технологий, а также удовлетворению потребностей общества в высококвалифицированных специалистах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Polakova, M. Soft skills and their importance in the labour market under the conditions of Industry 5.0 / M. Polakova, J. Horvathova-Suleimanova, P. Madzík [et al.] // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9, No. 8. – Article e18670. – 20 p. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e18670.
2. Fugate, M. Employability: a psycho-social construct, its dimensions, and applications / M. Fugate, A.J Kinicki, B.E. Ashforth // *Journal of Vocational Behavior*. – 2004. – Vol. 65, No. 1. – P. 14–38. – DOI: 10.1016/j.jvb.2003.10.005.
3. Prasad, Ch. Educational impact on the society / Ch. Prasad, P. Gupta // *International Journal of Novel Research in Education and Learning*, 2020. – Vol. 7, No. 6. – P. 1–7. – URL: <https://www.noveltyjournals.com/upload/paper/paperpdf-1604924792.pdf>.
4. Kromydas, T. Rethinking higher education and its relationship with social inequalities: past knowledge, present state and future potential / T. Kromydas // *Palgrave Communications*. – 2017. – Vol. 3, No. 1. – 12 p. – DOI: 10.1057/s41599-017-0001-8.
5. Amirova, A. Creative and research competence as a factor of professional training of future teachers: Perspective of learning technology / A. Amirova, M.I. Jeksembekova, G.Z. Taubayeva [et al.] // *World Journal on Educational Technology*. – 2020. – Vol. 12, No. 4. – P. 278–289. – DOI: 10.18844/wjet.v12i4.5181
6. Heleta, S. Sustainable development goals and higher education: leaving many behind / S. Heleta, T. Bagus // *Higher education*. – 2021. – Vol. 81. – P. 163–177. – DOI: 10.1007/s10734-020-00573-8.
7. Abo-Khali, A.G. Integrating sustainability into higher education challenges and opportunities for universities worldwide / A.G. Abo-Khali // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, No. 9. – Article e29946. – 13 p. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29946.
8. Tiwari, S.P. Evolving school dynamics and emerging technologies in education: Critical success factors / S.P. Tiwari, A. Fahrudin. – Calgary, Canada: SciFormat Publishing Inc., 2024. – 45 p. – DOI: 10.69635/978-1-0690482-0-2.
9. Spring, J. Globalization of education: an introduction / J. Spring; 2<sup>nd</sup> ed. – New York: Routledge, 2014. – 244 p. – DOI: 10.4324/9781315795843.
10. Kemp, N. The international education market: Some emerging trends / N. Kemp // *International Higher Education*. – 2016. – Vol. 85. – P. 13–15. – DOI: 10.6017/ihe.2016.85.9238.
11. Weerasombat, T. Understanding employability in changing labor market contexts: The case of an emerging market economy of Thailand / T. Weerasombat, P. Pumipatyothin, C. Napathorn // *Sustainability*. – 2022. – Vol. 14, No. 16. – Article 10436. – 25 p. – DOI: 10.3390/su141610436.
12. Mhlanga, D. Digital transformation of education, the limitations and prospects of introducing the fourth industrial revolution asynchronous online learning in emerging markets / D. Mhlanga // *Discover Education*. – 2024. – Vol. 3. – Article 32. – 18 p. – DOI: 10.1007/s44217-024-00115-9.

13. Kamalov, F. New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution / F. Kamalov, D. Santandreu Calonge, I. Gurrib // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15, No. 16. – Article 12451. – 27 p. – DOI: 10.3390/su151612451.
14. Tien, H.L. Development of evaluation criteria for training fire students to enable new rescue roles in Vietnam / H.L. Tien, N.P. Van, T. Kato // *Journal of Disaster Research*. – 2024. – Vol. 19, No. 2. – P. 411–419. – DOI: 10.20965/jdr.2024.p0411.
15. Wang, S. A review on higher education of fire safety in China / S. Wang, X. Huang // *Fire Technology*. – 2024. – Vol. 60. – P. 757–816. – DOI: 10.1007/s10694-023-01416-5.
16. Bennett, N. What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world / N. Bennett, G.J. Lemoine // *Business Horizons*. – 2014. – Vol. 57, No. 3. – P. 311–317. – DOI: 10.1016/j.bushor.2014.01.001.
17. Greičiūtė, A. The impact of environmental uncertainty on career management / A. Greičiūtė // *Public Security and Public Order*. – 2023. – Vol. 34. – P. 82–93. – DOI: 10.13165/pspo-23-34-02.
18. Полевода, И.И. Огнестойкость современных строительных конструкций из железобетона: монография / И.И. Полевода, С.М. Жамойдик, Н.В. Зайнудинова, Д.С. Нехань. – Минск: Ун-т гражданской защиты, 2023. – 420 с.
19. Грачев, А.А. Технология формирования готовности к профессиональной деятельности у сотрудников ГПС МЧС России / А.А. Грачев // *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. – 2011. – Т. 77, № 7. – С. 47–53. – EDN: MNMOFK.
20. Cai, G. Real-time identification of borehole rescue environment situation in underground disaster areas based on multi-source heterogeneous data fusion / G. Cai, X. Zheng, J. Guo, W. Gao // *Safety Science*. – 2025. – Vol. 181. – Article 106690. – DOI: 10.1016/j.ssci.2024.106690.
21. Образование в Республике Беларусь. Статистический буклет / Под общ. ред. И.В. Медведевой. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2024. – 35 с.
22. Shi, Y. Young people's participation experiences of technical and vocational education and training interventions in low- and middle-income countries: a systematic review of qualitative evidence / Y. Shi, M. Bangpan // *Empirical Research in Vocational Education and Training*. – 2022. – Vol. 14. – Article 8. – 42 p. – DOI: 10.1186/s40461-022-00136-4.
23. Шарый, И.Н. Особенности воспроизводства научных кадров в Беларуси и проблемы кадрового обеспечения приоритетных направлений научных исследований: социологический анализ / И.Н. Шарый // *Социологический альманах*. – 2016. – Вып. 7. – С. 199–207. – EDN: XHWSGX.
24. Бедный, Б.И. О влиянии институциональных трансформаций на результативность российской аспирантуры / Б.И. Бедный, Н.В. Рыбаков, С.В. Жучкова // *Высшее образование в России*. – 2022. – Т. 31, № 11. – С. 9–29. – DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-11-9-29. – EDN: RHANGJ.
25. Щурок, Э.М. Подготовка научных кадров высшей квалификации в Республике Беларусь: региональные особенности / Э.М. Щурок // *Социологический альманах*, 2023. – Вып. 14. – С. 149–156. – EDN: FSNOTM.
26. Kaptan, K. Challenges for science education / K. Kaptan, O. Timurlenk // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2012. – Vol. 51. – P. 763–771. – DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.237.
27. Marushkevych, A.A. Development of students' research competence in the study of the humanities in higher educational institutions / A.A. Marushkevych, I.M. Zvarych, O.Y. Romanyshyna [et al.] // *Journal of Curriculum and Teaching*. – 2022. – Vol. 11, No. 1. – P. 15–24. – DOI: 10.5430/jct.v11n1p15.
28. Hazelkorn, E. Global science, national research, and the question of university rankings / E. Hazelkorn, A. Gibson // *Palgrave Communications*. – 2017. – Vol. 3. – Article 21. – 11 p. – DOI: 10.1057/s41599-017-0011-6.
29. Ожегов, С.И. Толковый словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – 4-е изд., доп. – М.: Азбуковник, 1997. – 939 с.
30. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 2002. – 1628 с.
31. Колодкина, Н.Н. О множественности трактовок термина «компетенция» / Н.Н. Колодкина, А.Д. Черемухин // *Карельский научный журнал*. – 2016. – Т. 5, № 4. – С. 24–28. – EDN: XIEWZH.
32. Акбаева, М.Д. Понятие «исследовательская компетентность» в педагогической теории / М.Д. Акбаева // *Педагогический журнал*. – 2016. – Т. 6, № 6А. – С. 268–282. – EDN: ZBHUWJ.
33. Хуторской, А.В. Дидактика / А.В. Хуторской. – СПб.: Питер, 2017. – 718 с.
34. Шестак, В.П. Формирование научно-исследовательской компетенции и «академическое письмо» / В.П. Шестак, Н.В. Шестак // *Высшее образование в России*. – 2011. – № 12. – С. 115–119. – EDN: OMTRVL.

**Формирование научно-исследовательских компетенций  
у обучающихся очной формы получения общего высшего образования**  
**Development of research competencies among students  
of full-time general higher education programs**

---

**Пасовец Владимир Николаевич**

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
научных кадров, начальник факультета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: pasovets\_v@mail.ru

SPIN-код: 2096-1287

---

**Vladimir N. Pasovets**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Postgraduate Scientific Education,  
Head of Faculty

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: pasovets\_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

ScopusID: 36081120200

---

**Ковтун Вадим Анатольевич**

доктор технических наук, профессор

Филиал «Институт профессионального  
образования» государственного учреждения  
образования «Университет гражданской  
защиты Министерства по чрезвычайным  
ситуациям Республики Беларусь», кафедра  
оперативно-тактической деятельности  
и техники, профессор

Адрес: пр-т Речицкий, 35А,  
246023, г. Гомель, Беларусь

Email: vadimkov@yandex.ru

SPIN-код: 3383-9618

---

**Vadim A. Kovtun**

Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Branch «Institute of Vocational Education»  
of the State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Operational-Tactical Activity  
and Technical Equipment, Professor

Address: Rechitskiy ave., 35A,  
246023, Gomel, Belarus

Email: vadimkov@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9510-132X

ScopusID: 7006098716

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-3.410>

EDN: <https://elibrary.ru/YIYSSL>

## DEVELOPMENT OF RESEARCH COMPETENCIES AMONG STUDENTS OF FULL-TIME GENERAL HIGHER EDUCATION PROGRAMS

Pasovets V.N., Kovtun V.A.

*Purpose.* To define the methodological approaches and directions for developing research competencies in students of full-time general higher education programs.

*Methods.* Theoretical analysis.

*Findings.* Directions of the formation of research competencies among students of full-time general higher education programs are proposed. It is demonstrated that the implementation of these directions requires a comprehensive approach, including the integration of scientific research into the educational process, the establishment of a mentoring system, the stimulation of both students and teaching staff, and the development of academic mobility programs. These measures can significantly enhance the level of research competencies among students and prepare them for successful professional activities.

It is established that an educational process incorporating elements of research activity allows students not only to deepen their knowledge in a specific field but also to develop skills in systemic thinking, analytical and critical analysis, as well as the ability to work with information and new technologies. Through participation in research activities, students not only cultivate their reasoning, justification, and argumentation skills but also enhance their ability to publicly present and defend the results of their work. Furthermore, they recognize themselves as subjects of the research process, acquiring skills in solving research-related challenges.

*Application field of research.* The educational process of full-time general higher education programs.

*Keywords:* research competence, educational process, general higher education, higher education institution.

(The date of submitting: March 19, 2025)

### REFERENCES

1. Polakov M., Horvathova-Suleimanova J., Madzík P., Copuš L., Molnárová I., Polednová J. Soft skills and their importance in the labour market under the conditions of Industry 5.0. *Heliyon*, 2023. Vol. 9, No. 8. Article e18670. 20 p. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e18670.
2. Fugate M., Kinicki A.J., Ashforth B.E. Employability: a psycho-social construct, its dimensions, and applications. *Journal of Vocational Behavior*, 2004. Vol. 65, No. 1. Pp. 14–38. DOI: 10.1016/j.jvb.2003.10.005.
3. Prasad Ch., Gupta P. Educational impact on the society. *International Journal of Novel Research in Education and Learning*, 2020. Vol. 7, No. 6. Pp. 1–7. URL: <https://www.noveltyjournals.com/upload/paper/paperpdf-1604924792.pdf>.
4. Kromydas T. Rethinking higher education and its relationship with social inequalities: past knowledge, present state and future potential. *Palgrave Communications*, 2017. Vol. 3, No. 1. 12 p. DOI: 10.1057/s41599-017-0001-8.
5. Amirova A., Jeksembekova M.I., Taubayeva G.Z., Zhundibayeva T.N., Uaidullakzy E. Creative and research competence as a factor of professional training of future teachers: Perspective of learning technology. *World Journal on Educational Technology*, 2020. Vol. 12, No. 4. Pp. 278–289. DOI: 10.18844/wjet.v12i4.5181
6. Heleta S., Bagus T. Sustainable development goals and higher education: leaving many behind. *Higher education*, 2021. Vol. 81, Pp. 163–177. DOI: 10.1007/s10734-020-00573-8.
7. Abo-Khali A.G. Integrating sustainability into higher education challenges and opportunities for universities worldwide. *Heliyon*, 2024. Vol. 10, No. 9. Article e29946. 13 p. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29946.
8. Tiwari S.P., Fahrudin A. *Evolving school dynamics and emerging technologies in education: Critical success factors*. Calgary, Canada: SciFormat Publishing Inc., 2024. 45 p. DOI: 10.69635/978-1-0690482-0-2.
9. Spring J. *Globalization of education: An introduction*; 2<sup>nd</sup> ed. New York: Routledge, 2014. 244 p. DOI: 10.4324/9781315795843.
10. Kemp N. The international education market: some emerging trends. *International Higher Education*, 2016. Vol. 85. Pp. 13–15. DOI: 10.6017/ihe.2016.85.9238.
11. Weerasombat T., Pumipatyothin P., Napathorn C. Understanding employability in changing labor market contexts: the case of an emerging market economy of Thailand. *Sustainability*, 2022. Vol. 14, No. 16. Article 10436. 25 p. DOI: 10.3390/su141610436.

12. Mhlanga, D. Digital transformation of education, the limitations and prospects of introducing the fourth industrial revolution asynchronous online learning in emerging markets. *Discover Education*, 2024. Vol. 3. Article 32. 18 p. DOI: 10.1007/s44217-024-00115-9.
13. Kamalov F., Santandreu Calonge D., Gurrib I. New era of artificial intelligence in education: towards a sustainable multifaceted revolution. *Sustainability*, 2023. Vol. 15, No. 16. Article 12451. 27 p. DOI: 10.3390/su151612451.
14. Tien H.L., Van N.P., Kato T. Development of evaluation criteria for training fire students to enable new rescue roles in Vietnam. *Journal of Disaster Research*, 2024. Vol. 19, No. 2. Pp. 411–419. DOI: 10.20965/jdr.2024.p0411
15. Wang S., Huang X. A review on higher education of fire safety in China. *Fire Technology*, 2024. Vol. 60. Pp. 757–816. DOI: 10.1007/s10694-023-01416-5.
16. Bennett N., Lemoine G.J. What a difference a word makes: understanding threats to performance in a VUCA world. *Business Horizons*, 2014. Vol. 57, No. 3. Pp. 311–317. DOI: 10.1016/j.bushor.2014.01.001.
17. Greičiūtė A. The impact of environmental uncertainty on career management. *Public Security and Public Order*, 2023. Vol. 34. Pp. 82–93. DOI: 10.13165/pspo-23-34-02.
18. Palevoda I.I., Zhamoydik S.M., Zaynudinova N.V., Nekhan' D.S. *Ognestoykost' sovremennykh stroitel'nykh konstruksiy iz zhelezobetona* [Fire resistance of modern reinforced concrete building structures]: monograph. Ed. by I.I. Palevoda. Minsk: University of Civil Protection, 2023. 420 p. (rus)
19. Grachev A.A. Tekhnologiya formirovaniya gotovnosti k professional'noy deyatel'nosti u sotrudnikov GPS MChS Rossii [Technology of readiness formation for professional activity among the employees of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2011. Vol. 77, No. 7. Pp. 47–53. (rus). EDN: MNMOFK.
20. Cai G., Zheng X., Guo J., Gao W. Real-time identification of borehole rescue environment situation in underground disaster areas based on multi-source heterogeneous data fusion. *Safety Science*, 2025. Vol. 181. Article 106690. DOI: 10.1016/j.ssci.2024.106690.
21. *Obrazovanie v Respublike Belarus'*. *Statisticheskii buklet* [Education in the Republic of Belarus. Statistical data book]. Ed. by I. Medvedeva. Minsk: National statistical committee of the Republic of Belarus, 2024. 35 p. (rus)
22. Shi Y., Bangpan M. Young people's participation experiences of technical and vocational education and training interventions in low- and middle-income countries: a systematic review of qualitative evidence. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 2022. Vol. 14, Article 8. 42 p. DOI: 10.1186/s40461-022-00136-4.
23. Sharyy I.N. Osobennosti vosproizvodstva nauchnykh kadrov v Belarusi i problemy kadrovogo obespecheniya prioritnykh napravleniy nauchnykh issledovaniy: sotsiologicheskii analiz [Reproductive specifics of the scientific staff in Belarus and the problems of staffing of the scientific research priority lines: sociological analysis]. *Sotsiologicheskii al'manakh*, 2016. Vol. 7. Pp. 199–207. (rus). EDN: XHWSGX.
24. Bednyy B.I., Rybakov N.V., Zhuchkova S.V. O vliyaniy institutsional'nykh transformatsiy na rezul'tativnost' rossiyskoy aspirantury [The effects of institutional transformations on the russian doctoral education performance]. *Higher Education in Russia*, 2022. Vol. 31, No. 11. Pp. 9–29. (rus). DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-11-9-29. EDN: RHANGJ.
25. Shchurok E.M. Podgotovka nauchnykh kadrov vysshey kvalifikatsii v Respublike Belarus': regional'nye osobennosti [Training of scientific personnel of higher qualification in the Republic of Belarus: regional features]. *Sotsiologicheskii al'manakh*, 2023. Vol. 14. Pp. 145–156. (rus). EDN: FSNOTM.
26. Kaptan K., Timurlenk O. Challenges for science education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2012. Vol. 51. Pp. 763–771. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.237.
27. Marushkevych A.A., Zvarych I.M., Romanyshyna O.Y., Malaniuk N.M., Grynevych O.L. Development of students' research competence in the study of the humanities in higher educational institutions. *Journal of Curriculum and Teaching*, 2022, Vol. 11, No. 1. Pp. 15–24. DOI: 10.5430/jct.v11n1p15.
28. Hazelkorn E., Gibson A. Global science, national research, and the question of university rankings. *Palgrave Communications*, 2017. Vol. 3. Article 21. 11 p. DOI: 10.1057/s41599-017-0011-6.
29. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. *Tolkovyy slovar' russkogo yazyka* [Explanatory dictionary of the Russian language]. 4nd ed., supplemented. Moscow: Azbukovnik, 1997. 939 p. (rus)
30. *Bol'shoy entsiklopedicheskiy slovar'* [Large encyclopedic dictionary]. Chief editor: A.M. Prokhorov. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 2002. 1628 p. (rus)
31. Kolodkina N.N., Cheremukhin A.D. O mnozhestvennosti traktovok termina «kompetentsiya» [About the multiplicity of interpretations of the term «competence»]. *Karelian Scientific Journal*, 2016. Vol. 5, No. 4. Pp. 24–28. (rus). EDN: XIEWZH.

32. Akbaeva, M.D. Ponyatie «issledovatel'skaya kompetentnost'» v pedagogicheskoy teorii [The concept of «research competence» in the theory of education]. *Pedagogical Journal*, 2016. Vol. 6, No. 6A. Pp. 268–282. (rus). EDN: ZBHUWJ.
33. Khutorskoy A.V. *Didaktika* [Didactics]. Saint Petersburg: Piter, 2017. 718 p. (rus)
34. Shestak V.P., Shestak N.V. Formirovanie nauchno-issledovatel'skoy kompetentsii i «akademicheskoe pis'mo» [Research competence and academic writing]. *Higher Education in Russia*, 2011. No. 12. Pp. 115–119. (rus). EDN: OMTRVL.

Copyright © 2025 Pasovets V.N., Kovtun V.A.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ТЕХНОСФЕРА КАК ИСТОЧНИК СИСТЕМНЫХ УГРОЗ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ

Сергеев В.Н., Лазаревич Н.А.

*Цель.* Систематизировать наиболее влиятельные гуманитарные, прежде всего социально-философские, подходы к технике и показать, какие свойства техносферы являются основными источниками угроз.

*Методы.* Использованы методы критического анализа источников, типологизации и концептуального синтеза.

*Результаты.* Объектом исследования выступает техносфера как исторически сформированная социотехническая система, а предметом – внутренние механизмы порождения рисков, заложенные в ее структуре и логике функционирования. Обзор основан на сравнительно-аналитическом осмыслении четырех теоретических направлений: философских критиков техники, системных реалистов, рефлексивных модернистов и сетевых конструктивистов (STS/ANT). Ключевые результаты включают: формулирование концептуального образа техносферы как гетерогенной, многоуровневой и слабо контролируемой сети взаимодействий между техническими, социальными и институциональными элементами; разработку типологии рисков, включающей инфраструктурную уязвимость, управленческую неопределенность, манипулятивную реконструкцию социального и эксплуатацию поведения; доказательство того, что риски техносферы носят не внешний по отношению к ней, а системный и неизбежный характер, вытекающий из самой структуры современного технологического мира. Новизна исследования заключается в междисциплинарной интеграции разнородных концептуальных подходов и предложении целостной рамки анализа, позволяющей рассматривать риск не как сбой, а как норму существования в техносфере.

*Область применения исследований.* Практическая значимость обзора проявляется в возможности использовать предложенную типологию рисков при разработке стратегий управления, экспертизы и образовательных программ в области техносферной безопасности. Материал адресован специалистам, заинтересованным в междисциплинарном понимании угроз техногенной цивилизации.

*Ключевые слова:* техносфера, социотехническая система, структурный риск, автономия техники, системная уязвимость, социотехнический риск, философия техники.

(Поступила в редакцию 9 марта 2025 г.)

### Введение

Культура техногенной цивилизации изначально опиралась на научную рациональность: знание понималось как инструмент преобразования природы и самого общества. С XVII в. утвердилось убеждение, что человек реализует творческий потенциал, прежде всего изменяя внешний мир посредством широкого спектра инструментов (от первых механических устройств до современных биотехнологий). Именно этим объясняется высокий социальный престиж науки, инженерии и техники, обеспечивших беспрецедентный рост производительных сил и качества жизни.

Однако идеал, в основе которого лежат желание и возможности людей производить изменения окружающей их среды (В.С. Степин называет его ядром жизненных смыслов техногенной эпохи [1]) в качестве обратной стороны имеет экспоненциальное нарастание уязвимостей. Чем совершеннее становятся средства модификации природы, общества и человека – генная инженерия, «умные» инфраструктуры, алгоритмы предсказания поведения и т.п., – тем острее встает вопрос: как соотносить выгоды прогресса с рисками, которые производит сама техносфера? Тем самым техносферная безопасность выходит за рамки локальной технической проблематики и становится вопросом стратегического уровня, затрагивающим экологию, экономику, политику, антропологию и другие сферы.

Цель работы – систематизировать наиболее влиятельные гуманитарные, прежде всего социально-философские, подходы к технике и показать, какие свойства техносферы являются основными источниками угроз. Мы ограничиваемся презентацией ключевых идей, признанных научным сообществом, детальный же их разбор, сопоставление и критика остаются вне предметного поля статьи.

Рассматриваемый спектр работ мы условно распределили по четырем направлениям, в зависимости от предпочитаемой их авторами аналитической оптики и общего пафоса исследований:

– «философские критики техники» (Ж. Эллюль, П. Вирильо, Л. Мамфорд, Х. Йонас и др.) подчеркивают автономию техники и видят в ней прежде всего угрозу человеческой свободе, которая коренится в самой логике ускоренного технического развития;

– «системные реалисты» (Ч. Перроу, Т. П. Хьюз, Н. Луман, Н. Талеб и др.) рассматривают технику как большую социотехническую систему, высокая сложность и взаимозависимость элементов которой делают аварии и катастрофы «нормальными»;

– «рефлексивные модернисты» (У. Бек, Э. Гидденс, Н. Бостром, Ш. Зубофф и др.) трактуют риски как побочный продукт модернизации, который общество постепенно осознает и пытается институционально регулировать;

– «сетевые конструктивисты», работающие в рамках STS/ANT<sup>1</sup> (Б. Латур, Дж. Ло, П. Слотердаик, Л. Флориди) показывают, что техника и общество образуют гибридные сети, в которых граница «социальное / техническое» условна, в силу чего риск распределен между множеством человеческих, технических и природных факторов<sup>2</sup>.

### Основная часть

**Определение техносферы.** Современную техносферу невозможно свести к совокупности машин, цифровых устройств или технических инструментов. Согласно определению У. Бека сегодня мы имеем дело с «искусственной природой», в которой не остается ничего естественного, если под естественным понимать состояние, где природа предоставлена самой себе [2, с. 99].

*Техносфера как интегрированный комплекс технологий.* Ключ к пониманию внутренней организации этой среды предлагает Л. Флориди, вводя различие между тремя порядками технологий: *технологии первого порядка* находятся между человеком и природным миром; *технологии второго порядка* связывают пользователя уже не с природой, а с другими технологиями; наконец, *технологии третьего порядка* – это системы, в которых машины действуют автономно, координируясь друг с другом без участия человека [3, с. 43–46]<sup>3</sup>. Эти утверждения подводят к мысли, что техносфера перестает быть внешним слоем или оболочкой – она становится *средой обитания*, охватывающей физическое, символическое и институциональное измерения человеческой жизни, организованным пространством взаимодействий между технологиями различных уровней.

*Техносфера как социотехническая система.* Понимание техники как социотехнической среды, охватывающей не только материальные устройства, стало доминирующим в научном сообществе. Поскольку любая технология воплощает предположения о ее применении, техносфера включает «совокупность практик, посредством которых используются доступные ресурсы для достижения определенных значимых целей» [4, с. 398], «любые эффективные шаблоны и процедуры» [5, с. 458], организации, научные компоненты, законодательные акты, природные ресурсы [6].

*Человеческий фактор в социотехнических системах.* Современную техносферу пока еще невозможно представить без организующего человеческого начала – «системных строителей» (инженеров, ученых, менеджеров), объединяющих разнородные элементы в функциональное целое. С другой стороны, системная сложность «второй природы» предопределяет тот факт, что человеческий фактор все чаще вытесняется с позиции центра действия и контроля, ограничивая его функцией пользователя. Радикализируя этот подход, Б. Латур предлагает рассматривать техносферу не как самостоятельный слой, а как *часть гетероген-*

<sup>1</sup> STS (Science and Technology Studies) – междисциплинарная область исследований науки и технологий.

ANT (Actor-Network Theory, акторно-сетевая теория) – одно из влиятельных направлений внутри STS, предложенное Бруно Латуром и коллегами. Оно рассматривает мир как сеть акторов, причем актором может быть и человек, и технический объект, и организация.

<sup>2</sup> Актор – участник действия, единица, способная инициировать события или влиять на их ход.

<sup>3</sup> Технологии первого порядка служат продолжением тела или инструментом воздействия на природу (одежда, топор и т.п.); технологии второго порядка взаимодействуют с другими технологиями (отвертка – винт, автомобиль – дорога, софт – компьютерное «железо» и т.п.); технологии третьего порядка обращаются друг к другу без участия человека (алгоритмы данных, автономная техника и т.п.).

ной сети, где «люди, вещи, идеи, институты, ...приборы и графики действуют вместе», создают устойчивые конфигурации, или «черные ящики»<sup>4</sup>, которые скрывают свою сложность, но производят эффекты, не сводимые к воле отдельных акторов [7, с. 33, 43]. Более того, «при переходе от одного элемента к другому не требуется смена понятийного аппарата», поскольку все компоненты встраиваются в одну сеть, а «технология – это совокупность методов по соединению и направлению действий других сущностей и сил» [8, с. 107–109].

Историческую глубину техносферы как социально-технической формы раскрывает Л. Мамфорд, демонстрирующий, что техносфера выросла из организационных структур («мегамашина») [9, с. 159–160], созданных для выполнения сложных технических задач (строительство пирамид, систем ирригации), изначально включавших незначительное число механизмов, но большое количество людей. Техническое развитие привело к постепенному замещению людей механизмами и технологиями при сохранении структурной связности. Современные цифровые системы – наследники этих форм: они также требуют централизованного управления, но становятся все менее прозрачными и все более автоматизированными.

Таким образом, техносфера в нашем понимании – это:

*многоуровневая гетерогенная сеть*, включающая технологии, людей, институты, идеи и ресурсы;

*среда пространственного и информационного упорядочивания*, в которой взаимодействуют технологии разных порядков;

*форма системной координации и контроля*, производимая техническими, организационными и культурными средствами;

*исторически подвижная и уязвимая система*, в которой человек все чаще утрачивает центральную позицию.

Именно в этом сложном, интегративном понимании техносферы – как среды, в которой живет человек и которая одновременно живет «через» него, – следует ставить вопрос о безопасности. Речь идет не о защите от отдельных угроз, а об устойчивости самих связей, архитектур и взаимодействий, из которых построена техносфера как реальность повседневного мира.

**Свойства техносферы.** Выявление и системное осмысление свойств техносферы – необходимый шаг к пониманию внутренней логики ее развития и влияния на общество; ниже представлены ее ключевые характеристики.

*Автономность и самоорганизация:* техника стала новой специфической средой, искусственной и автономной по отношению к человеческим ценностям, которая «развивается сама по себе, независимо от того, нужно это или нет...» [10, с. 121], управляется исключительно критерием эффективности, диктует единственно возможный и наиболее эффективный способ действия, сводя свободу выбора к минимуму [11, с. 92–93]<sup>5</sup>.

*Самоусиливающаяся (self-augmentation) динамика и экспоненциальный рост:* «каждая новая техника вызывает цепную реакцию» и создает новые потребности, которые могут быть удовлетворены только за счет другой техники. Это ведет к феномену самовоспроизводства техники – непрерывному, экспоненциальному и самоподдерживающемуся процессу [10, с. 105]. Технические решения автоматически порождают новые проблемы, что создает циклы положительной обратной связи и ведет к необратимому росту и усложнению техносферы [11]. Зрелые технические системы «обладают качеством, аналогичным инерции движения», что делает их устойчивыми к изменениям даже тогда, когда эти изменения необходимы [12, с. 11, 70, 451]<sup>6</sup>.

*Целостность и монизм технических решений.* Техника исключает множество решений, сужая степени свободы в ее использовании: «там, где она применяется, в конечном счете остается только одно решение – технически наилучшее» [10, с. 111]. Это означает, что

<sup>4</sup> Метафора «черного ящика» иллюстрирует тот факт, что основная масса пользователей, встроенных в технологические цепочки, фактически не имеет представления о том, как эти технологии работают, и не обладают полным контролем над ними.

<sup>5</sup> Данная идея означает, что каждое новое решение оценивается исключительно с позиций эффективности – максимальной производительности и минимальных издержек, – на что напрямую влияют наличные технические возможности. Например, внедрению автоматизации способствует прежде всего техническая возможность это сделать, а не политические решения как таковые.

<sup>6</sup> Модернизация крупных технических комплексов – сложнейшая задача, которой сопротивляются все элементы, включенные в нее (в том числе пользователи).

техническая логика не предполагает выбора между «хорошим» и «плохим» использованием технологии; она реализует все возможные последствия без различения их этической или социальной значимости [11].

*Универсализм и тотальное распространение:* сегодня «нет такой сферы, где техника не господствует. Мы так привыкли к этому, что это уже не вызывает удивления» [10, с. 125]. Подобное положение приводит к тому, что техника становится универсальным языком культуры и главным детерминантом социальных, политических и экономических изменений [11].

*Системная интеграция и плотная связанность (tight coupling):* изменения в одной части системы моментально и автоматически отражаются на других ее элементах, не оставляя пространства для коррекции или автономных реакций отдельных частей [13].

*Сложность и непрозрачность техносферы.* Для нее характерно наличие множества взаимодействующих подсистем, поведение которых непредсказуемо [13], в силу чего она не поддается полному управлению и контролю извне: претензия техносферы на рациональность и единственно правильное решение ... в действительности приводит к бесконечному циклу поиска новых решений и замен [14, с. 152].

**Специфика социотехнических систем.** Далее необходимо отметить, каким образом перечисленные свойства техносферы формируют социальную реальность, трансформируя формы взаимодействия между людьми, а также между человеком и технической средой.

*Изменение характера пространственной организации жизни:* традиционная привязка человека к месту и пространственным границам в ходе процессов цифровизации отходит на второй план, «больше не определяется границей между “здесь” и “там”, а становится компьютеризированным расписанием» [15, с. 113]. Техносфера создает «неощутимый порядок, невидимый, но столь же функциональный, как каменная кладка или система дорог» [15, с. 120], «скорость становится привилегированной размерностью пространства и времени» [15, с. 128]<sup>7</sup>.

*Доверие абстрактным принципам:* благодаря техносфере люди оказываются вынуждены доверять не непосредственному опыту или личным отношениям, а абстрактным принципам, встроенным в так называемые экспертные системы<sup>8</sup>, которые делают повседневные практики зависимыми от непрозрачных для пользователей решений [16, с. 211–212]. Техносфера формирует такую социальную реальность, в которой мы вынуждены доверять техническим и организационным системам, гарантирующим надежность взаимодействий, даже не располагая исчерпывающей информацией о них [17, с. 34–35].

*Цифровая реконструкция реальности.* Информация становится основным измерением бытия, реальность становится все более адаптированной для цифровой обработки: «Мы фактически меняли сам мир под нужды легкого, репродуктивного ИИ, иначе говоря – прошиваем мир проводами и датчиками» [3, с. 130]. В этой цифровой реконструкции социальная жизнь полностью интегрирована в технологическую среду, в которой граница между естественным и искусственным стирается окончательно<sup>9</sup>.

*Цифровая эксплуатация.* Важнейшим социальным изменением, происходящим в условиях техносферы, является новая форма эксплуатации и контроля над человеческим поведением, обозначенная Ш. Зубофф термином «надзорный капитализм». В такой среде человеческий опыт становится «бесплатным сырьем», которое трансформируется в данные о поведении людей, предсказания и поведенческие продукты: «Google обнаружил, что мы представляем меньшую ценность, чем ставки на наше будущее поведение, сделанные другими» [18, с. 110]. Поведение людей становится ресурсом для автоматизированных систем

<sup>7</sup> Жизнь больше не организована пространством, а зависит от расписания событий. Физическое местонахождение теряет значение, а пространство измеряется уже не в километрах, а в скорости передачи информации: важнее не где ты находишься, а когда ты подключен и активен [15, с. 113].

<sup>8</sup> Экспертная система – это система технической компетентности или профессионального знания, на которую человек полагается в повседневной жизни, несмотря на то что не понимает ее внутреннего устройства (банковская система, здравоохранение, авиаперелеты, цифровые технологии, технические устройства и т.п.). Соответственно, он вынужден доверять специалистам, заявляющим о том, что пользователь получит тот результат, на который рассчитывает.

<sup>9</sup> Л. Флориди говорит о появлении так называемой инфосферы, которая «обозначает все информационное окружение, обремененное информационными сущностями, их свойствами и взаимодействиями» [3, с. 40].

прогнозирования, причем прогнозы поведения (ставки на будущее поведение) монетизируются<sup>10</sup>. Тем самым техносфера здесь выступает не нейтральной средой, а цифровой инфраструктурой власти, которая действует согласно логике капиталистического присвоения.

**Риски проистекают из свойств техносферы**<sup>11</sup>. Если техносфера – это среда, обладающая внутренней логикой, автономной динамикой и сложной взаимосвязанностью, то риски, с нею связанные, нельзя трактовать как внешние или случайные. Напротив, они представляют собой имманентные черты самой техносферы, вытекающие из ее фундаментальных свойств. В этом контексте риск – не аномалия, а нормальное следствие ее организации.

*Системная хрупкость как оборотная сторона системной целостности.* Современные технологические системы объединяют коммуникации, энергетику, логистику, финансы, безопасность и т.п. в единую инфраструктурную ткань. Однако такая система оказывается парадоксально уязвимой: «Чем больше единство в системе, тем более она хрупка. Нарушение в одной точке способно парализовать все» [20, с. 291]. Системы, построенные на взаимозависимости, высокой плотности связей и сложной регламентации, слишком полагаются на стабильность, а потому как бы хорошо они ни были организованы «не выдерживают редких ударов» [21]. Такой подход не допускает локальных сбоев, поэтому в системах с высокой сложностью и тесной связанностью аварии не просто возможны – они запрограммированы в самой логике взаимодействий [22, с. 261]<sup>12</sup>. Катастрофа в такой системе – не результат ошибки, а реализация структурной вероятности. П. Вирильо радикализирует эту интуицию, утверждая, что аварийность встроена в саму сущность технологии: «Кораблекрушение – это будущее, встроенное в изобретение корабля, так же как авиакатастрофа предначертана созданием сверхзвукового лайнера, а Чернобыль – рождением атомной станции» [23, с. 5]. Для П. Вирильо инцидент не является внешним или случайным событием, он является обратной стороной каждой новой техники, возникшей одновременно с ее изобретением. В этом контексте развитие техники неизбежно сопряжено с потенциально разрушительными издержками, которые невозможно полностью отделить от ее преимуществ.

*Этическая неопределенность техносферы.* Техника редко приходит в мир под видом угрозы, но именно в этом и состоит ее двойственная природа: «Техника почти всегда обещает добро – улучшение условий жизни, исцеление, облегчение труда, – но при этом открывает дверь для зла, не всегда намеренного, но способного выйти из-под контроля» [24, с. 94]. Амбивалентность техники коренится в непредсказуемости масштабов ее последствий и в неосвоенности новых измерений ответственности: «Мы стоим перед перспективой экспериментирования на будущих людях...» [25, с. 10–12], «техническая мощь превращает утопии в проекты», но реализуются они без той мудрости, которую такие масштабы требуют [25, с. 13]. Это указывает на неготовность этического и институционального мышления к тому масштабу власти, который предоставляет техника.

*Риск – побочный продукт рациональных решений:* «Индустриальный риск – это результат техноэкономических решений и оценок полезности», а не стихийного или враждебного воздействия [26, с. 162], соответственно, техносферные катастрофы – не «неудачи», а «нормальные результаты» технической рациональности, в которой ущерб – побочный продукт расчетов выгод. Здесь и возникает фундаментальная уязвимость: технические системы реализуют решения быстрее, чем социум успевает осмыслить их последствия. Это перекликается с наблюдением П. Слотердайка о воинственно-экспансионистской логике самой техники. Он пишет, что ядерные технологии – не аномалия, а логичное продолжение металлургической культуры, восходящей к древним формам насилия: «Нет скачка между бронзовым

<sup>10</sup> Ш. Зубофф говорит о рынках «поведенческих фьючерсов» – предсказаний человеческого поведения, которые можно продавать на специализированных рынках заинтересованным сторонам – корпорациям, рекламодателям, государствам и др. Эти предсказания формируются на основе анализа сетевой активности пользователей, истории его местоположения, контактах, предпочтениях и т.п. Доступ к его будущему поведению становится товаром.

<sup>11</sup> В рамках данной работы риск трактуется традиционно, как вероятность наступления неблагоприятного события, умноженная на масштаб его последствий. Теоретические работы часто построены на моделировании того, как будет выглядеть ситуация, когда риск перестал быть вероятностью, а стал фактом (см., например, работу Н. Бострома об экзистенциальных рисках [19]).

<sup>12</sup> Согласно логике Н. Талеба устойчивые («антихрупкие») системы, как правило, возникают *нецеленаправленно* – они проходят длительный эволюционный путь, в ходе которого неэффективные формы отмирают. Многие современные технические системы изначально проектируются как заведомо «совершенные», не проходят апробацию и селекцию характеристик, поэтому не обладают иммунитетом к локальным сбоям и могут внезапно рухнуть от непредусмотренных событий (в его терминологии – «черных лебедей»). Наиболее значимые технологии – не продукт проектирования, а результат проб и ошибок, спонтанных комбинаций, случайностей.

мечом и нейтронной бомбой, только новый порядок величин» [27, с. 533–534]. То есть техника не является этически нейтральной, она пропитана вполне читаемой и приземленной мотивацией своих создателей и пользователей, а потому и решения, которые через нее реализуются, несут в себе латентную угрозу.

*Иллюзия предсказуемости в технократическом мышлении:* Н. Талеб систематически критикует предположение о том, что мы можем управлять техносферой с помощью математических моделей, в том числе основанных на экстраполивании исторических данных. Он называет это «заблуждением зеленого леса» – когнитивной ошибкой, при которой отсутствие признаков катастрофы интерпретируется как ее невозможность [28, с. 161]. Именно это мышление делает реальными трагедии вроде «Фукусимы», когда допущения о редкости события подменяют реальный анализ уязвимостей: «катастрофы, которые, как считается, случаются раз в миллион лет, на деле происходят раз в 30 лет» [28, с. 163].

Талеб настаивает, что инженерное мышление (линейное, телеологичное) характеризуется когнитивной слепотой по отношению к системам, обладающим нелинейной динамикой, скрытыми связями и «толстыми хвостами» распределения. Это приводит к созданию сложных социотехнических систем, неспособных к самокоррекции через малые сбои [21; 30]. В результате «редкие события убивают системы» [29, с. 272–273], поскольку уже на этапе проектирования прогнозные модели подчинены внутренней логике проекта и не могут учитывать сбои, приходящие извне<sup>13</sup>.

*Накопление управленческих ошибок.* Исследователи указывают на парадокс управления – сложные системы требуют регулирования, но чрезмерное регулирование производит новые уязвимости: «у регуляторов есть стимул усложнять правила до бесконечности... Это делает систему самовоспроизводящейся, но хрупкой» [30, с. 205]. Более того, Ч. Перроу констатирует ограниченность централизованного управления: ни одна структура не способна в реальном времени отслеживать и управлять всеми взаимодействиями внутри сложных связанных систем [22, с. 217]. В итоге управление теряет согласованность с объектом управления, а реакция на риски отстает от их генерации<sup>14</sup>.

Более того, одной из наиболее разрушительных форм уязвимости является отделение тех, кто принимает решения, от тех, на кого ложатся последствия этих решений. Н. Талеб называет это эффектом асимметрии: «Если человек высказывает мнение, но не несет за него последствий – это не мнение, а игра словами» [30, с. 348–349]. В техносфере, где решения принимаются экспертами, технократическими элитами и алгоритмами, пользователь – фактически жертва, лишенная контроля и доступа к суверенному суждению [2, с. 64–65]. Более того, нередко технические или инженерные ошибки признать практически невозможно: в мире, где признание погрешности означает политическую или экономическую катастрофу, научное знание вынуждено поддерживать иллюзию безошибочности [2, с. 64–65]<sup>15</sup>.

*Преобладание непреднамеренных последствий.* Отдельный класс рисков техносферы связан с тем, что многие последствия нельзя в полной мере предвидеть: техника – не «враг», не «робот-убийца», а активный элемент сети, который может стать причиной разрушений «не по злобе, а потому что так получилось» [7, с. 26], технические эффекты могут не зависеть от цели их инициатора. Многие риски техносферы состоят в том, что последствия ее использования непрозрачны даже для тех, кто ею управляет.

Этот аргумент дополняет Дж. Рэдхед, отмечая, что аварии в эпоху цифровой и сетевой связанности перестают быть локальными инцидентами и становятся глобальными: «авария, которая произойдет везде одновременно» [31]. То, что раньше было ограниченным пространством катастрофы, теперь может экспоненциально расширяться до всего мира (как минимум в информационном смысле), становясь угрозой целостности систем и институтов.

*Технологическое преодоление прошлого – генератор будущей уязвимости.* Успехи технического и научного развития в XX в. привели к решению многих «естественных» рисков и проблем: техника освобождает человека от многих старых тираний природы – голода,

<sup>13</sup> Кроме того, Н. Талеб подчеркивает, что прогнозы, исходящие изнутри рациональной модели, на основе которой проектируется и создаются социотехнические системы, сами меняют функционирование систем.

<sup>14</sup> Сюда же можно отнести так называемую исполнительную небрежность – сознательное игнорирование рисков ради краткосрочной выгоды (человеческий фактор в повседневном смысле), которые также невозможно запланировать.

<sup>15</sup> Фактически У. Бек говорит о следующем: если решение уже принято, средства инвестированы и внедрение технологии началось, то при обнаружении ошибок и рисков проще их либо игнорировать (в научном или экспертном сообществе, чье мнение имеет вес), либо доказать, что критики, обнаружившие ошибку, неправы.

болезней, тьмы...» [20], но одновременно «она производит системные риски, которые сопровождают ее повсеместно» [26, с. 161]. При этом именно способность техники к решению проблем прошлого делает последствия ее применения все менее предсказуемыми: «С расширением технических возможностей... растет и область непредвиденных последствий» [16, с. 261–262]. Современность больше не может быть понята как «упорядоченная машина» – напротив, она является системой, которая сама производит структурные риски, не будучи способной их полностью контролировать.

В этом контексте каждый новый технический успех не столько устраняет риски, сколько изменяет их природу и масштаб, переводя угрозы из разряда «локальных» в «глобальные», из «исчисляемых» в «латентные» и т.д.

*Риски – продукт коммуникации.* Техносфера не существует как автономная «реальность-в-себе». Она становится социально значимой лишь в тот момент, когда входит в пространство коллективной коммуникации, обсуждения, нормирования и принятия решений. Именно в этой рамке, предложенной социологом систем Н. Луманом, следует рассматривать еще одну форму социотехнической уязвимости – риски техносферы возникают и актуализируются как продукт социальной обработки, а не как объективные физические свойства артефактов. По Н. Луману «внешний мир не знает никакого риска, ибо ему неведомы ни различия, ни ожидания, ни оценки – это все продукты наблюдающих систем» [32, с. 139]. Следовательно, технология сама по себе не несет риска, если о ней не говорят, ее не обсуждают, она не становится темой для нормирования, регулирования, оценки выгод и угроз<sup>16</sup>. Таким образом, технические риски не объективны в абсолютном смысле – они «конструируются» в коммуникационных практиках, и это открывает как возможности, так и уязвимости.

Однако такая позиция вовсе не исключает возможности объективных событий катастрофической природы. В этом смысле ключевым для анализа Лумана является различие между опасностью и риском. Несмотря на тесную переплетенность технологий и общества, в чисто коммуникативном смысле технологическая опасность исходит извне, находится за пределами чьей-либо воли, риск же – это то, что вменяется решению: «либо возможный ущерб рассматривается как следствие решения... тогда мы говорим о риске. Либо же он вменяется окружающему миру – и тогда это опасность» [32, с. 150]<sup>17</sup>. Современное общество, по Луману, принимает всерьез только риски, т.е. такие угрозы, за которые можно назначить ответственного, найти причину, установить компенсации. Если что-то не может быть вменено (как, например, падение метеорита), оно теряет значимость в общественном сознании: «все равно ничего не поделаешь» [32, с. 154]. Следовательно, уязвимость возникает тогда, когда проблема присутствует в действительности, но не входит в контур коммуникации, – тогда общество оказывается неспособным ни ее воспринять, ни на нее отреагировать.

Особую форму уязвимости Луман видит в попытках нейтрализовать риск через стратегии предосторожности, которые сами становятся источником новых рисков<sup>18</sup>. Это так называемые стратегии распределения риска: мы вводим вторичный риск, чтобы уменьшить первичный.

Современное общество, как отмечает Луман, находится под давлением необходимости осмыслять будущее – не просто реагировать на произошедшее, но превентивно структурировать возможные катастрофы. Это создает напряжение между знанием и управлением. Не все риски можно просчитать, но обсуждать и регулировать приходится даже непроверенные угрозы. И здесь возникает третья форма уязвимости – перенасыщение общества темами риска ведет к инфляции внимания, релятивизации угроз, политическим искажениям: в политике легче дистанцироваться от «опасности», чем от «риска» – опасность можно списать на внешние силы, а риск требует ответа, расчета, компенсации, атрибуции ответственности [32, с. 157]. Это ведет к тому, что коммуникационная борьба за определение риска становится

<sup>16</sup> Социальный статус технологий определяется не их «мощностью» или «сложностью», а тем, в какой мере они становятся предметом коммуникаций: «Ставить ли вопрос о технике на повестку дня?», «Какие риски и выгоды она несет?», «Будем или не будем мы с этим что-то делать?» Именно в таком смысле техника становится частью общества – не как вещь, а как проблема, подлежащая управлению.

<sup>17</sup> С этой точки зрения катастрофа – нежелательное для общества событие, и в этом смысле оно чисто риторически выносится за общественные рамки («случилась авария»). Риск же – это еще не состоявшийся инцидент, который *кто-то может предотвратить*, а катастрофа – произошедшая ЧС, за которую *кто-то должен отвечать*. Обсуждение технических деталей катастрофы в массовой коммуникации опосредовано экспертными оценками, в основном далекими от понимания большинством.

<sup>18</sup> Например, строгий образ жизни, навязанные медицинские процедуры, избыточные страховки, «сверхнадежные» технические системы, которые в итоге либо создают ложную зону комфорта, либо оборачиваются другим типом угрозы.

фактором реальности: то, что названо риском, требует действия – и тем самым формирует техносферу как не столько технический, сколько социальный артефакт<sup>19</sup>.

*Риск порождает отрасли экономики:* современные риски не только возникают, но и целенаправленно культивируются, поскольку они порождают потребности, а потребности формируют экономические ниши. «Благодаря меняющимся дефинициям рисков можно создавать совершенно новые потребности, а значит, и рынки. Прежде всего – потребность избегать риска» [2, с. 67–68]. Это означает, что сама логика капиталистической экономики перестраивается – от удовлетворения заданных, стабильных нужд к конструированию бесконечно воссоздаваемых тревог и способов их «снижения». Риск становится движущей силой экономической инновации, и именно в этом кроется парадокс: угроза, которую необходимо минимизировать, становится условием роста.

Причина такого положения дел заключается в структурной слепоте техноэкономической рациональности, ориентированной исключительно на выгоду: «ее здоровый глаз направлен на производственную эффективность, в то время как второй глаз поражен системной слепотой к рискам» [2, с. 73]. Это означает, что риски не устраняются не по неведению, а по экономической логике: распознавание и признание риска может привести к снижению прибыли, потому что превентивные действия – это издержки, а страх – доход.

Техническая и рыночная рациональность таким образом не нейтральны к риску – они вписывают его в контур мотиваций, где неопределенность может быть не устраняемой угрозой, а управляемым, ценным активом. Это делает техносферу уязвимой к манипуляции восприятием риска, особенно через механизмы маркетинга и публичной экспертизы. Как подчеркивает Ч. Перроу, в современных условиях экономика поощряет не безопасные, а сложные и централизованные системы, поскольку именно они обеспечивают контроль над рынком [22, с. 262]. То есть сложность и риск становятся конкурентным преимуществом: такие системы затрудняют вход новым игрокам, требуют дорогостоящих инфраструктур, укрепляют монополии, делают пользователей зависимыми.

### Заключение

Произведенный в работе анализ форм социотехнических уязвимостей позволяет утверждать: современное общество не просто сталкивается с рисками – оно структурно в них встроено. Риски – не внешние события и не побочные эффекты. Они стали неотъемлемым элементом самой модели жизни в техносфере. Более того, как показывают ключевые авторы, современные риски принципиально необратимы и неустранимы в логике привычного управления: «полная остановка технологического развития означала бы почти полное прекращение инновационной деятельности по всему миру, что трудноосуществимо и крайне затратно, вплоть до создания новой экзистенциальной угрозы в виде перманентной стагнации» [5, с. 462]. Соответственно, как подчеркивает У. Бек, риск сегодня в основном преодолевается не путем устранения причин, а «символически» – посредством медийной и регуляторной обработки (минимизация вредных веществ, управляемое восприятие и т.п.) [2, с. 68]. Такая вынужденная и неизбежная практика лечения симптомов, а не причин ведет к повторному производству самих рисков.

П. Вирильо называет это «аварией в знании» (*accident in knowledge*): мы сталкиваемся не просто с техническими сбоями, а с крахом способности предсказать, интерпретировать и осмыслить происходящее [23, с. 36, 53]. Технология меняет не только материальный мир, но и формы его осмысления – и именно это делает риски настолько трудноуловимыми. Даже предвидение катастрофы не дает свободы действия, если структура знания, юридические и технические регламенты, социальные сценарии встроены в один и тот же техносистемный режим, ограничивающий возможные реакции [15]<sup>20</sup>. Б. Латур дополняет это концептуально: современное общество забывает происхождение технических и научных конструкций, стоя-

<sup>19</sup> Как отмечал У. Бек, «риски появляются благодаря знанию и потому могут быть приуменьшены, преувеличены или просто вытеснены» [2, с. 92]. Таким образом, в коммуникации можно сформировать своеобразную «когнитивную слепоту» в отношении одних рисков и чрезмерное внимание к другим.

<sup>20</sup> При столкновении с техногенной аварией работник технической сферы будет реагировать в рамках регламентов, которыми он связан юридически (отступление от регламентов можно вменить ему в вину), а рядовой участник будет опираться на самые общие представления о происходящем (а если проще – на свое незнание). В итоге способность предсказывать аварии ничего не дает, если мнение автора юридически ничтожно для конкретной социотехнической системы.

щих за технологическими достижениями, принимает их как «естественные» и потому перестает их критически осмысливать [7, с. 15], в том числе «забывая» их неоднозначные с точки зрения рисков компоненты.

Именно этим объясняется ранее обозначенный тезис, что в условиях сложности и плотной связанности риски становятся «нормальными»: они не исключения, а неизбежные события в достаточно сложной системе [13, с. 62, 73]. Попытки усилить безопасность часто ведут к усложнению, а значит, к новым рискам сбоев. Более того, оператор таких систем часто оказывается не в состоянии остановить их ход даже зная о риске, потому что логика, структура и протоколы управления превосходят его возможности [13, с. 81, 311].

Неустранимость рисков для современной техносферы обусловлена еще и тем, что их производят *одновременные действия множества акторов*: дело не в том, что определенный человек или отрасль ведет систему к катастрофе, а в том, что огромное количество пользователей технологий делают это одновременно малыми усилиями<sup>21</sup>. В связи с этим риски невозможно строго разделить на техногенные, природные или социальные – они всегда являются смешанными по происхождению, и усиливаются многообразием мотиваций и логик действия [33]. Это особенно заметно в ситуациях технологической гонки: «чем больше число конкурирующих команд, тем опаснее становится гонка: каждая команда, имея меньше шансов прийти первой, будет более склонна пренебречь осторожностью» [34, с. 248–249]. Таким образом, структурная причина рисков – в синхронности и несовместимости действий различных субъектов, каждый из которых преследует рациональные, но фрагментарные цели.

В качестве философского резюме для такого анализа может выступить, например, гипотеза уязвимого мира (*vulnerable world hypothesis*), предложенная Н. Бостромом. Это не частная гипотеза о конкретном риске, а модель мышления, позволяющая рассматривать технологии не изолированно, а во взаимосвязи с тем, какие субъекты получают к ним доступ, какими мотивациями они движимы и в каком институциональном контексте действуют. Н. Бостром исходит из предположения, что если технологический прогресс будет продолжаться без изменений в существующей глобальной политико-институциональной архитектуре, то рано или поздно возникнут такие условия, при которых разрушение цивилизации станет крайне вероятным [5, с. 457–458]. Это станет почти неизбежным не в силу особенностей техники самой по себе, а потому что она окажется в руках множества акторов, действующих в условиях так называемого полуанархического состояния (актуальное состояние по умолчанию) – множество акторов действуют параллельно в условиях отсутствия глобальных механизмов превентивного контроля и слабой координации. Таким образом, уязвимость техносферы следует трактовать не столько как технический дефект, сколько как результат несовпадения между социальным устройством и мощностью доступных средств, не устранимого в данный момент.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степин, В.С. Саморазвивающиеся системы и перспективы техногенной цивилизации / В.С. Степин // Синергетическая парадигма. – М.: Прогресс-традиция, 2000. – 536 с.
2. Бек, У. Общество риска. На пути к другому модерну / У. Бек; пер. с нем. В. Седельника, Н. Федоровой; послесл. А. Филиппова. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 384 с.
3. Floridi, L. The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality / L. Floridi. – Oxford: Oxford University Press, 2014. – 248 p. – ISBN: 978-0-19-960672-6.
4. Ellul, J. The technological order / J. Ellul // Technology and Culture. – 1962. – Vol. 3, No 4. – P. 394–421. – DOI: 10.2307/3100993.
5. Bostrom, N. The vulnerable world hypothesis / N. Bostrom // Global Policy. – 2019. – Vol. 10, No. 4. – P. 455–476. – DOI: 10.1111/1758-5899.12718.
6. Hughes, T.P. The evolution of large technological systems / T.P. Hughes // The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology / eds. W.E. Bijker, T.P. Hughes, T. Pinch. – Anniversary ed. – Cambridge (MA): MIT Press, 2012. – P. 45–76.
7. Латур, Б. Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии / Б. Латур; пер. с фр. Д. Калугина; науч. ред. О.В. Хархордин. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та в С.-Петербурге, 2006. – 240 с.

<sup>21</sup> Действия отдельных людей и групп редко могут привести к масштабной катастрофе, вопрос в количестве людей, делающих это параллельно.

8. Law, J. Technology and heterogeneous engineering: The case of Portuguese expansion / J. Law // The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology / eds. W.E. Bijker, T.P. Hughes, T. Pinch. – Anniversary ed. – Cambridge (MA): MIT Press, 2012. – P. 105–128.
9. Мамфорд, Л. Миф машины. Техника и развитие человечества / Л. Мамфорд; пер. с англ. – М., 2001. – 278 с.
10. Ellul, J. The technological society / J. Ellul, R.K. Merton. – New York: Vintage Books, 1964. – 480 p.
11. Benello, G. Technology and power: Technique as a mode of understanding modernity / G. Benello // Jacques Ellul: Interpretive Essays. – Urbana: University of Illinois Press, 1981. – P. 91–107.
12. Hughes, T.P. Networks of power: Electrification in Western Society, 1880–1930 / T.P. Hughes. – Baltimore; London: The Johns Hopkins University Press, 1983. – 474 p. – ISBN: 0-8018-2873-2.
13. Perrow, C. Normal accidents: living with high-risk technologies / C. Perrow. – New York: Basic Books, 1984. – 386 p.
14. Lovekin, D. Technique, discourse, and consciousness: An introduction to the philosophy of Jacques Ellul / D. Lovekin. – Bethlehem: Lehigh University Press, 1991. – 254 p.
15. Virilio, P. The lost dimension / P. Virilio; transl. from French D. Moshenberg. – New York: Semiotext(e), 1991. – 144 p. – ISBN: 978-1570270444.
16. Гидденс, Э. Последствия современности / Э. Гидденс; пер. с англ. Г.К. Ольховикова, Д.А. Кибальчича; вступ. ст. Т.А. Дмитриева. – М.: Праксис, 2011. – 352 с. – ISBN: 978-59015-7490-4.
17. Дмитриев, Т.А. Сокрушительная современность Энтони Гидденса / Т.А. Дмитриев // Последствия современности / Э. Гидденс. – М.: Праксис, 2011. – С. 7–105.
18. Зубофф, Ш. Эпоха надзорного капитализма. Битва за человеческое будущее на новых рубежах власти / Ш. Зубофф; пер. с англ. А. Васильева; ред. Я. Охонько, А. Смирнова. – М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2022. – 784 с. – ISBN: 978-5-93255-613-9.
19. Bostrom, N. Existential risks: analyzing human extinction scenarios and related hazards / N. Bostrom // Journal of Evolution and Technology. – 2002. – Vol. 9, No. 1. – P. 1–30.
20. Ellul, J. The technological system / J. Ellul; transl. from French J. Neugroschel. – New York: Continuum, 1980 (repr. 2021). – 362 p.
21. Талеб, Н.Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости / Н.Н. Талеб; пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М.: КоЛибри, 2020. – 736 с. – ISBN: 978-5-389-09894-7.
22. Perrow, C. The next catastrophe: Reducing our vulnerabilities to natural, industrial, and terrorist disasters / C. Perrow. – Princeton: Princeton University Press, 2011. – 388 p.
23. Virilio, P. The original accident / P. Virilio; transl. from French J. Rose. – Cambridge: Polity, 2007. – 120 p.
24. Йонас, Х. Принцип ответственности: опыт этики для технологической цивилизации / Х. Йонас; пер. с нем. – М.: Дом интеллектуальной книги, 2004. – 384 с.
25. Jonas, H. Philosophical essays: From ancient creed to technological man / H. Jonas; ed. L.E. Long. – New York: Atropos Press, 2010. – 328 p.
26. Бек, У. От индустриального общества к обществу риска / У. Бек // THESIS. – 1994. – Вып. 5. – С. 161–168.
27. Слотердайк, П. Сферы. Плюральная сферология / П. Слотердайк; пер. с нем. К.В. Лощевского. – СПб.: Наука, 2010. – Т. III: Пена – 922 с.
28. Талеб, Н.Н. Антихрупкость. Как извлечь выгоду из хаоса / Н.Н. Талеб; пер. с англ. Н. Караева. – М.: КоЛибри; Азбука-Аттикус, 2020. – 768 с. – ISBN: 978-5-389-07579-5.
29. Талеб, Н.Н. Одураченные случайностью. Скрытая роль шанса в бизнесе и жизни / Н.Н. Талеб; пер. с англ. С. Филина. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 320 с.
30. Талеб, Н.Н. Рискую собственной шкурой: скрытая асимметрия повседневной жизни / Н.Н. Талеб; пер. с англ. Н. Караева. – М.: КоЛибри; Азбука-Аттикус, 2018. – 384 с.
31. Redhead, S. Paul Virilio: Theorist for an accelerated culture / S. Redhead. – 2nd ed. – Toronto: University of Toronto Press, 2004. – 144 p.
32. Луман, Н. Понятие риска / Н. Луман // THESIS. – 1994. – Вып. 5. – С. 135–153.
33. Global Catastrophic Risks / Ed. by N. Bostrom, M.M. Ćirković. – Oxford: Oxford University Press, 2008. – 538 p. – P. 21–44.
34. Bostrom, N. Superintelligence: paths, dangers, strategies / N. Bostrom. – Oxford: Oxford University Press, 2014. – 328 p.

**Техносфера как источник системных угроз: аналитический обзор  
современных теоретических подходов**  
**The technosphere as a source of systemic threats: an analytical review  
of contemporary theoretical approaches**

---

***Сергеев Всеволод Николаевич***

кандидат исторических наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра гуманитарных  
наук, заведующий кафедрой

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: v.n.sergeev@gmail.com

SPIN-код: 5645-7399

---

***Vsevolod N. Sergeev***

PhD in Historical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry  
for Emergency Situations of the Republic  
of Belarus», Chair of Humanities,  
Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: v.n.sergeev@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9809-7864

---

***Лазаревич Наталья Александровна***

кандидат философских наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра гуманитарных  
наук, профессор

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: natalazarevich@tut.by

---

***Natal'ya A. Lazarevich***

PhD in Philosophical Science, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry  
for Emergency Situations of the Republic  
of Belarus», Chair of Humanities,  
Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: natalazarevich@tut.by

ORCID: 0000-0003-2095-5608

## TECHNOSPHERE AS A SOURCE OF SYSTEMIC THREATS: AN ANALYTICAL REVIEW OF CONTEMPORARY THEORETICAL APPROACHES

Sergeev V.N., Lazarevich N.A.

*Purpose.* To systematize the most influential humanities-based, primarily socio-philosophical, approaches to technology, and to identify the key properties of the technosphere that are recognized by the scientific community as primary sources of threats.

*Methods.* Critical source analysis, typological comparison and conceptual synthesis are employed.

*Findings.* The object of the study is the technosphere as a historically formed socio-technical system, and the subject is the internal mechanisms of risk generation embedded in its structure and logic of functioning. The review is based on a comparative analytical understanding of four theoretical schools: philosophical critics of technology, systemic realists, reflexive modernists and network constructivists (STS/ANT). Major findings include: conceptual image of the technosphere as a heterogeneous, multi-level and weakly controllable net of interactions among technical, social and institutional elements; risk typology that covers infrastructural vulnerability, managerial indeterminacy, manipulative social reconstruction and behavioral exploitation; demonstration that technospheric risks are not external or accidental but systemic and unavoidable, rooted in the very architecture of today's technological world. The novelty of the research lies in the interdisciplinary integration of diverse conceptual approaches and in proposing an integral analytical frame that views risk not as a malfunction but as a normal condition of existence within the technosphere.

*Application field of research.* The practical significance of the review is manifested in the possibility of using the proposed typology of risks in developing management strategies, expertise and educational programs in the field of technosphere safety. The material is addressed to specialists interested in an interdisciplinary understanding of threats to technogenic civilization.

*Keywords:* technosphere, sociotechnical system, structural risk, autonomy of technology, systemic vulnerability, sociotechnical risk, philosophy of technology.

(The date of submitting: March 9, 2025)

### REFERENCES

- Stepin V.S. Samorazvivayushchiesya sistemy i perspektivy tekhnogennoy tsivilizatsii [Self-developing systems and prospects of a technogenic civilization]. In: *Sinergeticheskaya paradigma* [Synergetic paradigm]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2000. 536 p. (rus)
- Beck U. *Obshchestvo riska. Na puti k drugomu modernu* [Risk society: Towards a new modernity]: translation from German. Moscow: Progress-Traditsiya, 2000. 384 p. (rus)
- Floridi L. *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. Oxford: Oxford University Press, 2014. 248 p. ISBN: 978-0-19-960672-6.
- Ellul J. The technological order. *Technology and Culture*, 1962. Vol. 3, No. 4. Pp. 394–421. DOI: 10.2307/3100993.
- Bostrom N. The vulnerable world hypothesis. *Global Policy*, 2019. Vol. 10, No. 4. Pp. 455–476. DOI: 10.1111/1758-5899.12718.
- Hughes T.P. The Evolution of Large Technological Systems. In: *Bijker W.E., Hughes T.P., Pinch T. (eds.). The social construction of technological systems*. Anniversary ed. Cambridge (MA): MIT Press, 2012. Pp. 45–76.
- Latour B. *Novogo vremeni ne bylo. Esse po simmetrichnoy antropologii* [We have never been modern: Essays in symmetrical anthropology]: translation from French. Saint Petersburg: European University Press, 2006. 240 p. (rus)
- Law J. Technology and heterogeneous engineering: The case of Portuguese expansion. In: *Bijker W.E., Hughes T.P., Pinch T. (eds.). The social construction of technological systems*. Anniversary ed. Cambridge (MA): MIT Press, 2012. Pp. 105–128.
- Mumford L. *Mif mashiny. Tekhnika i razvitie chelovechestva* [The myth of the machine: Technics and human development]: translation from English. Moscow, 2001. 278 p. (rus)
- Ellul J., Merton R.K. *The technological society*. New York: Vintage Books, 1964. 480 p.
- Benello G. Technology and power: Technique as a mode of understanding modernity. In: *Jacques Ellul: Interpretive Essays*. Urbana: University of Illinois Press, 1981. Pp. 91–107.
- Hughes T.P. *Networks of power: Electrification in Western Society, 1880–1930*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983. 474 p. ISBN: 0-8018-2873-2
- Perrow C. *Normal accidents: living with high-risk technologies*. New York: Basic Books, 1984. 386 p.

14. Lovekin D. Technique, discourse, and consciousness: An introduction to the philosophy of Jacques Ellul. Bethlehem: Lehigh University Press, 1991. 254 p.
15. Virilio P. *The lost dimension*; translation from French. New York: Semiotext(e), 1991. 144 p. ISBN: 978-1570270444.
16. Giddens A. *Posledstviya sovremennosti* [The consequences of modernity]: translation from English. Moscow: Praxis, 2011. 352 p. (rus). ISBN: 978-59015-7490-4.
17. Dmitriev T.A. Sokrushitel'naya sovremennost' Entoni Giddensa [The devastating modernity of Anthony Giddens]. In: *Giddens E. Posledstviya sovremennosti* [The consequences of modernity]. Moscow: Praxis, 2011. Pp. 7–105. (rus)
18. Zuboff Sh. *Epokha nadzornogo kapitalizma. Bitva za chelovecheskoe budushchee na novykh rubezhakh vlasti* [The age of surveillance capitalism. The fight for a human future at the new frontier of power]: translation from English. Moscow: Gaidar Institute Press, 2022. 784 p. (rus). ISBN: 978-5-93255-613-9.
19. Bostrom N. Existential risks: analyzing human extinction scenarios and related hazards. *Journal of Evolution and Technology*, 2002. Vol. 9, No. 1. Pp. 1–30.
20. Ellul J. *The technological system*: translation from French. New York: Continuum, 1980 (repr. 2021). 362 p.
21. Taleb N.N. Chyornyy lebed'. Pod znakom nepredskazuemosti [The black swan: The impact of the highly improbable]. 2<sup>nd</sup> ed., supplemented. Moscow: KoLibri, 2020. 736 p. (rus). ISBN: 978-5-389-09894-7.
22. Perrow C. *The next catastrophe: Reducing our vulnerabilities to natural, industrial, and terrorist disasters*. Princeton: Princeton University Press, 2011. 388 p.
23. Virilio P. *The original accident*: translation from French. Cambridge: Polity, 2007. 120 p.
24. Jonas H. Printsip otvetstvennosti: opyt etiki dlya tekhnologicheskoy tsivilizatsii [Responsibility principle: ethics experience for technological civilization]. Moscow: Dom intellektual'noy knigi, 2004. 384 p. (rus)
25. Jonas H. *Philosophical essays: From ancient creed to technological man*. New York: Atropos Press, 2010. 328 p.
26. Beck U. Ot industrial'nogo obshchestva k obshchestvu riska [From industrial society to risk society]. *THESIS*, 1994. Issue 5. Pp. 161–168. (rus)
27. Sloterdijk P. *Sfery III: Pena* [Spheres III: Foams]: translation from German. Saint Petersburg: Nauka, 2010. 922 p. (rus)
28. Taleb N.N. Antikhrupkost'. Kak izvlech' vygodu iz khaosa [Antifragile: Things that gain from disorder]: translation from English. Moscow: KoLibri; Azbuka-Atticus, 2020. 768 p. (rus). ISBN: 978-5-389-07579-5.
29. Taleb N.N. Odurachennyye sluchaynost'yu. Skrytaya rol' shansa v biznese i zhizni [Fooled by Randomness: the hidden role of chance in life and in the markets]: translation from English. Moscow: Mann, Ivanov & Ferber, 2011. 320 p. (rus)
30. Taleb N.N. Riskuya sobstvennoy shkuroy: skrytaya asimmetriya povsednevnoy zhizni [Skin in the game: Hidden asymmetry in of daily life]: translation from English. Moscow: KoLibri; Azbuka-Atticus, 2018. 384 p. (rus)
31. Redhead S. *Paul Virilio: Theorist for an accelerated culture*. 2<sup>nd</sup> ed. Toronto: University of Toronto Press, 2004. 144 p.
32. Luhmann N. Ponyatie riska [The Concept of Risk]. *THESIS*, 1994. Issue 5. Pp. 135–153. (rus)
33. Bostrom N., Ćirković M.M. (eds.). *Global Catastrophic Risks*. Oxford: Oxford University Press, 2008. 538 p. Pp. 21–44.
34. Bostrom N. *Superintelligence: paths, dangers, strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2014. 328 p.

Copyright © 2025 Sergeev V.N., Lazarevich N.A.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ И ОБУЧЕНИЯ ОКАЗАНИЮ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА СТРАН ОДКБ

Маршалко О.В., Ахметалин Б.Н., Хроколов В.А.

*Цель.* Определить особенности правового регулирования вопросов оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи в Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации как основных инициаторов формирования модельного правового законодательства стран ОДКБ.

*Методы.* Эмпирический метод (анализ нормативных правовых актов), комплексно-комбинированный метод (анализ и синтез). Поиск публикаций осуществлялся в международных системах поиска научной информации Scopus, Web of Science, Google Scholar, PubMed. Поиск нормативных правовых актов проводился в информационной правовой системе Республики Беларусь iLex, информационно-правовой системе нормативных правовых актов Республики Казахстан eDilet, справочной правовой системе Российской Федерации Консультант Плюс.

*Результаты.* Установлено, что в законодательстве Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации заложены ключевые принципы правового регулирования вопросов оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи. Однако уровень знаний и практических навыков по оказанию первой помощи среди населения остается низким. Одним из возможных путей решения является обязательное обучение населения оказанию первой помощи с применением развивающего подхода для прививания навыков и уверенности в своих действиях, а также законодательное закрепление частоты обучения разных категорий населения навыкам оказания первой помощи. Обучение оказанию первой помощи должно поддерживаться официальными стандартами и рекомендациями. Боязнь юридического преследования в связи с неумышленным причинением вреда пострадавшему при оказании первой помощи является одним из главных барьеров среди населения. Законодательное регулирование вопросов освобождения от юридической ответственности лиц, обязанных оказывать первую помощь, в случае неумышленного причинения вреда может стать мотивирующим фактором для повышения вовлеченности населения в процесс оказания первой помощи.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть применены в нормотворческой деятельности, а также в образовательном процессе при написании методических материалов, лекций, учебных пособий и др.

*Ключевые слова:* оказание первой помощи, обучение первой помощи, нормативные правовые акты, ответственность, обязанность, чрезвычайные ситуации.

(Поступила в редакцию 20 марта 2025 г.)

### Введение

Умение оказывать первую помощь – это не только полезный навык, но и гражданская ответственность. История первой помощи в СССР – это история массового обучения населения навыкам спасения жизни. В 1930-х гг. в Советском Союзе начали активно развивать систему подготовки граждан к чрезвычайным ситуациям. Были созданы кружки первой помощи, где люди учились останавливать кровотечения, накладывать повязки, проводить сердечно-легочную реанимацию. Особое внимание уделялось обучению школьников, студентов и рабочих. В те годы первая помощь стала неотъемлемой частью культуры безопасности, а знания в этой области считались необходимыми для каждого гражданина<sup>1</sup>.

После распада СССР республики начали самостоятельно развивать свои системы здравоохранения. Правовое регулирование вопросов здравоохранения в странах опиралось как на международный опыт развития медицины, так и на особенности каждого государства. Однако трансформация современных вызовов и угроз требует гармонизации правового

<sup>1</sup> Лисица, С. Почему важно уметь оказывать первую помощь: от истории к современности / С. Лисица // впо.рф: офиц. сайт Всероссийского добровольного пожарного общества. – URL: <https://впо.рф/blog/post/pochemu-vazhno-umet-okazyvat-pervuyu-pomoshch-ot-istorii-k-sovremennosti> (дата обращения: 17.03.2025).

регулирования вопросов здравоохранения между странами, имеющими близкие по содержанию взгляды и подходы. Республика Беларусь, Республика Казахстан и Российская Федерация являются основными инициаторами формирования модельного правового законодательства стран ОДКБ. Ценность и важность сближения национальных законодательств заключается в эффективном использовании лучших примеров законотворчества стран при подготовке национальных законодательных актов.

В настоящее время основные вопросы здравоохранения Республики Беларусь регулируются Законом Республики Беларусь «О здравоохранении» [1], Республики Казахстан – Кодексом Республики Казахстан «О здоровье народа и системе здравоохранения» [2], Российской Федерации – Федеральным законом «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [3].

Результаты социологических исследований показывают, что наиболее частыми факторами, препятствующими оказанию первой помощи, являются недостаточный уровень подготовки по первой помощи, боязнь неправильного оказания первой помощи и страх наступления юридической ответственности за неблагоприятный исход травмы или внезапного заболевания у пострадавшего [4–7]. Зарубежный опыт свидетельствует, что мерами оптимизации с доказанным положительным эффектом на выживаемость при чрезвычайных и экстремальных ситуациях является обучение населения методам оказания первой помощи, а также внедрение практики предоставления по телефону инструкций по первой помощи диспетчерами экстренных служб [8–10]. Вместе с тем, как для эффективной реализации мер, направленных на совершенствование первой помощи, так и для общего поддержания мотивации населения к оказанию первой помощи требуются действенные механизмы нормативного правового регулирования [10; 11].

Опыт стран, в которых успешно функционируют системы оказания первой помощи, показывает, что основным критерием эффективности этих систем является законодательное закрепление обязанности по оказанию первой помощи среди различных групп населения. В странах, использующих данный подход к решению рассматриваемой проблемы, основные требования к оказанию первой помощи изложены в специальном законодательстве<sup>2</sup> [10].

Таким образом, изучение особенностей правового регулирования вопросов организации системы оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи в разных странах позволит определить основные направления совершенствования соответствующего нормативного правового обеспечения.

### Основная часть

По данным Международного Комитета Красного Креста, в мире нормативное правовое регулирование вопросов оказания и обучения приемам оказания первой помощи характеризуется значительной неоднородностью, во многих странах в этой сфере существуют серьезные пробелы [12]. Обучение населения первой помощи является наиболее простым способом предотвращения смертности и инвалидности среди населения. Отсутствие законодательного регулирования обязательности обучения оказанию первой помощи среди населения не позволяет сформировать достаточное количество людей, способных качественно оказывать первую помощь в период экстремальной или чрезвычайной ситуации. В странах, где обязательность обучения населения оказанию первой помощи закреплена на законодательном уровне, отмечается значительное увеличение количества людей, способных оказывать первую помощь, по сравнению со странами, не имеющими соответствующего правового регулирования.

Сравнительный анализ законодательных актов в сфере здравоохранения Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации показал, что в настоящее время в странах действует правовое регулирование понятия «первая помощь». В Республике Беларусь понятие «первая помощь» регулируется ст. 63 Закона Республики Беларусь «О здравоохранении» [1], в Республике Казахстан – ст. 90 Кодекса Республики Казахстан «О здоровье народа и системе здравоохранения» [2], в Российской Федерации – ст. 31 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [3] (табл. 1).

<sup>2</sup> Dajer, A.J. МОТ обобщила международный опыт в области организации оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве / A.J. Dajer // kiout.ru: Клинский институт охраны и условий труда, 2017. – 8 нояб. – URL: <https://www.kiout.ru/info/publish/431> (дата обращения: 17.03.2025).

**Таблица 1. – Сравнительный анализ законодательства Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации, регулирующего норму «первая помощь»**

| Законодательство Республики Беларусь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Законодательство Республики Казахстан                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Законодательство Российской Федерации                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Первая помощь представляет собой комплекс мероприятий, осуществляемых до оказания медицинской помощи пострадавшему при несчастных случаях, травмах, отравлениях, других состояниях и заболеваниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека (далее – травма), в целях прекращения воздействия на организм пострадавшего повреждающего фактора внешней среды, оказания ему помощи в зависимости от характера и вида травмы и обеспечения максимально благоприятных условий транспортировки (эвакуации) пострадавшего с места получения травмы в организацию здравоохранения [1] | Первая помощь – это комплекс срочных базовых мероприятий для спасения жизни человека, предупреждения осложнений при экстренных состояниях, а также в целях снижения угрозы для здоровья и жизни пострадавшего лица при неотложном состоянии, проводимых на месте происшествия самим пострадавшим (самопомощь) или другим лицом, находящимся поблизости (взаимопомощь), до прибытия медицинских работников [2] | Первая помощь – комплекс мероприятий, направленных на сохранение и поддержание жизни и здоровья пострадавших и проводимых при несчастных случаях, травмах, ранениях, поражениях, отравлениях, других состояниях и заболеваниях, угрожающих жизни и здоровью пострадавших, до оказания медицинской помощи [3] |

Следует отметить, что законодательство многих стран возлагает на граждан обязанность по оказанию первой помощи. Анализ законодательства Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации показал, что обязанность по оказанию первой помощи нормативно закреплена для отдельных категорий граждан в Республике Беларусь и Российской Федерации (табл. 2).

**Таблица 2. – Законодательное закрепление обязанности оказывать первую помощь в Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации**

| Законодательство Республики Беларусь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Законодательство Республики Казахстан                                                                                                                                      | Законодательство Российской Федерации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| При чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, актах терроризма и массовых беспорядках спасатели, сотрудники органов внутренних дел и иные физические лица, прошедшие обучение методам оказания первой помощи при состояниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека, в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь, обязаны принимать неотложные меры по спасению граждан, оказанию нуждающимся первой помощи [1] | Первая помощь может оказываться лицами без медицинского образования, в том числе прошедшими соответствующую подготовку, в порядке, определяемом уполномоченным органом [2] | Первая помощь оказывается лицами, обязанными оказывать первую помощь в соответствии с федеральными законами или иными нормативными правовыми актами, в том числе сотрудниками органов внутренних дел Российской Федерации, сотрудниками, военнослужащими и работниками Государственной противопожарной службы, спасателями аварийно-спасательных формирований и аварийно-спасательных служб, а также самими пострадавшими (самопомощь) или находящимися вблизи лицами (взаимопомощь) в случаях, предусмотренных федеральными законами [3] |

Боязнь юридического преследования в связи с причинением дополнительного вреда пострадавшему или неправильными действиями является распространенным барьером для оказания первой помощи во многих странах мира [4–7; 10; 13; 14]. Даже пройдя обучение, лица, оказывающие первую помощь, могут совершать ошибки в экстремальных и чрезвычайных ситуациях. Вместе с тем общество заинтересовано в том, чтобы побуждать людей оказывать первую помощь при различных ситуациях, возникающих в природе, быту, на производстве, а также в результате стихийных бедствий и катастроф.

С целью мотивации людей к оказанию первой помощи законодательство Австралии, Канады, Китая, Южной Кореи и США использует юридическую концепцию, широко известную как «Закон доброго самаритянина», которая защищает человека, добровольно и безвозмездно предпринявшего попытку оказания первой помощи, от ответственности в случае

неумышленного причинения вреда пострадавшему [12; 15–17]<sup>3</sup>. Однако данная концепция не распространяется на правовые нормы, регулирующие случаи причинения вреда вследствие неосторожности или в рамках профессиональной деятельности. Следует отметить, что законодательство Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации содержит нормы, регулирующие сходные общественные отношения с учетом национальной специфики.

Сравнительный анализ нормативных правовых актов Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации показал, что в Республике Беларусь законодательно утверждены: порядок создания и функционирования единой государственной системы обучения населения методам оказания первой помощи при состояниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека; положение об учебно-тренировочном центре; перечень учреждений образования, на базе которых создаются учебно-тренировочные центры; примерный табель оснащения учебно-тренировочного центра; образовательная программа обучающихся курсов по первой помощи для населения; образовательная программа повышения квалификации для врачей-специалистов, осуществляющих обучение населения методам оказания первой помощи; перечень состояний, при которых оказывается первая помощь и перечень мероприятий по оказанию первой помощи. В Республике Казахстан утверждены: правила оказания первой помощи; порядок оказания первой помощи; перечень состояний, при которых оказывается первая помощь и стандарт оказания первой помощи. В Российской Федерации утверждены: порядок оказания первой помощи; перечень состояний, при которых оказывается первая помощь; перечень мероприятий по оказанию первой помощи; последовательность проведения мероприятий по оказанию первой помощи; примерная программа учебного курса по первой помощи.

Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, регулируется в Республике Беларусь приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь «О совершенствовании деятельности учебно-тренировочного центра» [18], в Республике Казахстан – приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан «Об утверждении Правил оказания первой помощи лицами без медицинского образования, в том числе прошедшими соответствующую подготовку, и Стандарта оказания первой помощи» [19], в Российской Федерации – приказом Министерства здравоохранения России «Об утверждении порядка оказания первой помощи» [20]. Странами определены десять базовых состояний, при которых оказывается первая помощь. Вместе с тем в Республике Беларусь перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, существенно расширен и дополнительно включает такие состояния, как утопление, подозрение на острое нарушение мозгового кровообращения и остро возникшая боль в груди. Отличительной особенностью перечня состояний, при которых оказывается первая помощь в Российской Федерации, является включение в него острых психологических реакций на стресс (табл. 3).

С целью систематизации, унификации и повышения качества обучения первой помощи в Республике Беларусь в соответствии с законодательством в 2018 г. создана и функционирует единая государственная система обучения населения методам оказания первой помощи при состояниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека [21; 22]. Отличительной особенностью правового регулирования вопросов обучения населения первой помощи в Республике Беларусь является утвержденный в 2023 г. перечень мероприятий по оказанию первой помощи. Перечнем устанавливается алгоритм мероприятий по оценке обстановки и обеспечению безопасных условий оказания первой помощи; вызова скорой помощи и других экстренных служб; определению сознания у пострадавшего; восстановлению проходимости дыхательных путей и определению признаков жизни у пострадавшего; проведению сердечно-легочной реанимации; поддержанию проходимости дыхательных путей; обзорному осмотру пострадавшего и временной остановке наружного кровотечения; подробному осмотру и опросу пострадавшего в целях выявления признаков травм, отравлений и других состояний, угрожающих его жизни и здоровью; приданию пострадавшему оптимального положения тела; контролю состояния пострадавшего и оказанию ему психологической поддержки; передаче пострадавшего бригаде скорой медицинской помощи и другим экстренным службам.

<sup>3</sup> Hope, C. One in three passers-by will not administer first aid because they fear being sued / C. Hope // The Telegraph. – 2014. – Sept. 14. – URL: <https://www.telegraph.co.uk/news/politics/11075274/One-in-three-passers-by-will-not-administer-first-aid-because-they-fear-being-sued.html> (date of access: 17.03.2025).

**Таблица 3. – Сравнительный анализ перечня состояний, при которых оказывается первая помощь в Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации**

| Законодательство Республики Беларусь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Законодательство Республики Казахстан                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Законодательство Российской Федерации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие сознания.</li> <li>2. Остановка дыхания и кровообращения.</li> <li>3. Наружные кровотечения.</li> <li>4. Инородные тела верхних дыхательных путей.</li> <li>5. Травмы и ранения различных областей тела.</li> <li>6. Повреждения и инородные тела глаз.</li> <li>7. Ожоги. Эффекты воздействия высоких температур, теплового излучения. Гипертермия.</li> <li>8. Отморожение и другие эффекты воздействия низких температур.</li> <li>9. Поражение электрическим током, молний.</li> <li>10. Утопление.</li> <li>11. Отравления.</li> <li>12. Судороги.</li> <li>13. Подозрение на острое нарушение мозгового кровообращения.</li> <li>14. Остро возникшая боль в груди.</li> <li>15. Укусы животных, змей и насекомых [18]</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие сознания.</li> <li>2. Остановка дыхания и кровообращения.</li> <li>3. Наружные кровотечения.</li> <li>4. Инородные тела верхних дыхательных путей.</li> <li>5. Травмы головы и различных областей тела.</li> <li>6. Ожоги, эффекты воздействия высоких температур, теплового излучения.</li> <li>7. Отморожение и другие эффекты воздействия низких температур.</li> <li>8. Отравления.</li> <li>9. Судороги.</li> <li>10. Укусы животных и насекомых [19]</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие сознания.</li> <li>2. Остановка дыхания и (или) остановка кровообращения.</li> <li>3. Нарушение проходимости дыхательных путей инородным телом и иные угрожающие жизни и здоровью нарушения дыхания.</li> <li>4. Наружные кровотечения.</li> <li>5. Травмы, ранения и поражения, вызванные механическими, химическими, электрическими, термическими поражающими факторами, воздействием излучения.</li> <li>6. Отравления.</li> <li>7. Укусы или ужаления ядовитых животных.</li> <li>8. Судорожный приступ, сопровождающийся потерей сознания.</li> <li>9. Острые психологические реакции на стресс [20]</li> </ol> |

В Республике Казахстан перечень мероприятий по оказанию первой помощи включает: мероприятия по оценке обстановки и обеспечению безопасных условий для оказания первой помощи (определение угрожающих факторов; прекращение действия повреждающих факторов и перемещение пострадавшего); оценку состояния пострадавшего по критериям (наличие кровотечения, угрожающего жизни пострадавшего; определение сознания и дыхания) и алгоритма вызова бригады скорой медицинской помощи и других служб экстренного реагирования. Отличительной особенностью правового регулирования вопросов обучения первой помощи в Республике Казахстан является утвержденный в 2020 г. Стандарт оказания первой помощи. Стандартом устанавливаются требования к мероприятиям по оказанию первой помощи согласно утвержденному перечню состояний, при которых оказывается первая помощь.

Необходимо отметить, что отличительной особенностью перечня и требований к мероприятиям по оказанию первой помощи в Российской Федерации является изменение в 2024 г. последовательности мероприятий по оценке обстановки, обзорному осмотру пострадавшего и определения приоритетности, а также определения признаков жизни у пострадавшего [20; 23]. В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации вначале необходимо устно предупредить пострадавшего и окружающих о готовности оказать первую помощь, затем оценить обстановку и обеспечить безопасные условия для оказания первой помощи. Следующим этапом является осмотр пострадавшего, и, если их несколько, то определение приоритетности оказания первой помощи, а также остановка наружного кровотечения, если такое имеется. Затем проводятся мероприятия по определению признаков жизни, и только после этого вызывается скорая медицинская помощь. Далее проводятся мероприятия по сердечно-легочной реанимации (при необходимости), по поддержанию проходимости дыхательных путей, а также подробный осмотр пострадавшего и контроль его состояния до приезда бригады скорой медицинской помощи.

Оказывать первую помощь в Российской Федерации можно под руководством диспетчера служб спасения. При невозможности оказания первой помощи в объеме, установленном перечнем мероприятий по оказанию первой помощи, допускается выполнение отдельных мероприятий. При оказании первой помощи не рекомендуется определять признаки

жизни у пострадавшего путем проверки реакции зрачков на свет [23]. В соответствии с современными рекомендациями Европейского совета по реанимации (ЕСР) при принятии решения о проведении сердечно-легочной реанимации пострадавшему рекомендуется ориентироваться на отсутствие сознания и нормального дыхания. Перед началом проведения сердечно-легочной реанимации не рекомендуется проведение обязательной очистки ротовой полости и дыхательных путей, в том числе удаление жидкости из дыхательных путей при утоплении, путем укладывания пострадавшего животом на колено участника оказания первой помощи. Также не рекомендуется применять прекардиальный удар, использовать валик под шею или спину пострадавшего для поддержания проходимости дыхательных путей, поднимать ноги пострадавшего, использовать медицинскую маску, бинт, носовой платок в качестве защитного барьера при проведении искусственного дыхания, считать сломанные ребра критерием правильности проведения сердечно-легочной реанимации и др. [8].

Особенностью законодательства Республики Казахстан, регулирующего вопросы обучения населения по первой помощи, является определение перечня лиц без медицинского образования, подлежащих обязательному обучению навыкам первой помощи. К ним относятся: сотрудники органов внутренних дел, осуществляющие оперативную и иную деятельность, связанную с взаимодействием с населением; военнослужащие Вооруженных сил Республики Казахстан, органов национальной или государственной службы безопасности, войск национальной гвардии; сотрудники противопожарной службы; спасатели аварийно-спасательной службы; члены экипажей воздушного, водного и железнодорожного транспорта; водители всех видов общественных автотранспортных средств; работники ведомственных и частных охранных организаций; работники организаций образования (преподаватели всех видов учебных заведений, сотрудники дошкольных и учебно-воспитательных учреждений); работники опасных производственных объектов; работники организаций здравоохранения, не имеющие медицинского образования [19]. Также законодательно утверждена периодичность подготовки лиц без медицинского образования навыкам оказания первой помощи – один раз в три года. Следует отметить, что вновь принимаемые на работу лица без медицинского образования, подлежащие обязательному обучению навыкам первой помощи, проходят обучение по оказанию первой помощи пострадавшим не позднее одного месяца после приема на работу [19].

В Республике Беларусь обучение населения методам оказания первой помощи при состояниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека осуществляется специалистами организаций здравоохранения, имеющими высшее и среднее специальное медицинское образование, представителями из числа профессорско-преподавательского состава. Совершенствование профессиональных знаний врачей-специалистов, осуществляющих обучение населения методам оказания первой помощи, проводится в соответствии с образовательной программой повышения квалификации. В Республике Казахстан обучение граждан навыкам оказания первой помощи осуществляется сертифицированными тренерами и инструкторами. Сертифицированный тренер по первой помощи – лицо, прошедшее дополнительную подготовку по первой помощи и базовой сердечно-легочной реанимации [24]. Инструктор по обучению первой помощи – лицо с медицинским образованием, прошедшее обучение по специальной программе подготовки инструкторов по первой помощи, утвержденной уполномоченным органом с присуждением сертификата инструктора по первой помощи, уполномоченный обучать население навыкам оказания первой помощи [24]. Подготовка сертифицированных тренеров для обучения граждан Республики Казахстан навыкам оказания первой помощи осуществляется организациями здравоохранения. В Российской Федерации обучение граждан навыкам оказания первой помощи осуществляется специалистами, прошедшими программу подготовки преподавателей, обучающих приемам оказания первой помощи.

### **Заключение**

Сравнительный анализ законодательных актов в сфере здравоохранения Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации показал, что в настоящее время в странах действует законодательное регулирование нормы «первая помощь», а также заложены ключевые принципы правового регулирования вопросов оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи. Вместе с тем анализ демонстрирует, что при общности ряда ключевых принципов национальное законодательство стран имеет ряд особенностей.

Так, обязанность по оказанию первой помощи нормативно закреплена для отдельных категорий граждан в Республике Беларусь и Российской Федерации. В Республике Беларусь перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, существенно расширен и дополнительно включает такие состояния, как утопление, подозрение на острое нарушение мозгового кровообращения и остро возникшая боль в груди, в Российской Федерации – дополнительно включает острые психологические реакции на стресс.

Также отличительной особенностью правового регулирования вопросов обучения первой помощи в Республике Беларусь является создание в 2018 г. единой государственной системы обучения населения методам оказания первой помощи при состояниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека и утверждение в 2023 г. перечня мероприятий по оказанию первой помощи, образовательной программы обучающихся курсов по первой помощи для населения, образовательной программы повышения квалификации для врачей-специалистов, осуществляющих обучение населения методам оказания первой помощи. В Российской Федерации – изменение в 2024 г. последовательности мероприятий по оценке обстановки, обзорному осмотру пострадавшего и определения приоритетности оказания первой помощи пострадавшим. В Республике Казахстан – обучение населения навыкам оказания первой помощи сертифицированными тренерами и инструкторами; утверждение в 2020 г. Стандарта оказания первой помощи и перечня лиц, подлежащих обязательному обучению навыкам первой помощи с установлением периодичности обучения, а также обязательному обучению их навыкам первой помощи не позднее одного месяца после приема на работу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О здравоохранении: Закон Респ. Беларусь от 18 июня 1993 г. № 2435-ХП: в ред. от 8 июля 2024 г. № 26-З // *ilex: информ. правовая система* (дата обращения: 17.03.2025).
2. О здоровье народа и системе здравоохранения: Кодекс Респ. Казахстан от 7 июля 2020 г. № 360-VI ЗРК: в ред. от 16 марта 2025 г. // *Әділет: информационно-правовая система нормативных правовых актов Респ. Казахстан* (дата обращения: 17.03.2025).
3. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федер. закон от 21 нояб. 2011 г. № 323-ФЗ: в ред. от 28 дек. 2024 г. № 554-ФЗ с изм. и доп. вступ. в силу с 1 марта 2025 г. // *КонсультантПлюс. Россия: справ. правовая система* (дата обращения: 17.03.2025).
4. Станишевский, А.Л. Готовность населения к оказанию первой помощи. Обзор литературы / А.Л. Станишевский // *От истоков к достижениям XXI века: сб. науч. тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посв. 90-летию БелМАПО, Минск, 7–8 окт. 2021 г.* – Минск: Белорус. мед. акад. последипломн. образования; БелМАПО, 2021. – С. 621–627.
5. Биркун, А.А. Общественное мнение по вопросам обучения населения основам сердечно-легочной реанимации: опрос жителей Крымского полуострова / А.А. Биркун, Е.А. Косова // *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. – 2018. – Т. 7, № 4. – С. 311–318. – DOI: 10.23934/2223-9022-2018-7-4-311-318. – EDN: YTUDMD.
6. Богдан, И.В. Знания и практический опыт населения в вопросах оказания первой помощи / И.В. Богдан, М.В. Гурылина, Д.П. Чистякова // *Здравоохранение Российской Федерации*. – 2020. – Т. 64, № 5. – С. 253–257. – DOI: 10.46563/0044-197X-2020-64-5-253-257. – EDN: NGAJZY.
7. Маршалко, О.В. Оценка уровня сформированности компетенций по оказанию первой помощи у руководителей и работников органов и организаций / О.В. Маршалко, О.И. Цинкевич, В.А. Панасевич // *Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*. – 2024. – Т. 8, № 4. – С. 472–480. – DOI: 10.33408/2519-237X.2024.8-4.472. – EDN: ZFAWKU.
8. Perkins, G.D. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation / G.D. Perkins, A.J. Handley, R.W. Koster [et al.] // *Resuscitation*. – 2015. – Vol. 95. – P. 81–99. – DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.015.
9. Song, K.J. Dispatcher-assisted bystander cardiopulmonary resuscitation in a metropolitan city: a before-after population-based study / K.J. Song, S.D. Shin, C.B. Park [et al.] // *Resuscitation*. – 2014. – Vol. 85, No. 1. – P. 34–41. – DOI: 10.1016/j.resuscitation.2013.06.004.
10. Биркун, А.А. Нормативно-правовое регулирование оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи при внегоспитальной остановке сердца / А.А. Биркун, Л.И. Дежурный // *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. – 2021. – Т. 10, № 1. – С. 141–152. – DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-141-152. – EDN: BITGPF.

11. Friesen, J. Cardiopulmonary resuscitation in resource-limited health systems-considerations for training and delivery / J. Friesen, D. Patterson, K. Munjal // *Prehospital and disaster medicine*. – 2015. – Vol. 30, No. 1. – P. 97–101. – DOI: 10.1017/S1049023X14001265.
12. Law and first aid: Promoting and protecting life-saving action / International Federation of the Red Cross and Red Crescent Societies. – Geneva: IFRC, 2015. – 32 p.
13. Дежурный, Л.И. Роль оказания первой помощи пострадавшим в предотвращении преждевременной смертности в России / Л.И. Дежурный, К.И. Лысенко, Д.И. Батулин // *Социальные аспекты здоровья населения*. – 2011. – № 2 (18). – Статья 21. – 8 с. – EDN: NUZGZF.
14. Верховодкина, Т.В. Актуальные вопросы оказания первой помощи в Республике Беларусь / Т.В. Верховодкина, Б.И. Курзова, Ю.А. Соколов // *Фундаментальная наука в современной медицине 2021: материалы сател. дистанцион. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых*, Минск, апрель 2021 г. – Минск: БГМУ, 2021. – С. 370–374. – URL: <https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/31646>.
15. The Good Samaritan Law across Europe / The Dan Legal Network, National Coordinators Committee. – 20 p. – URL: <https://e-docs.eplo.int/index.php/repository-list/category/16-transparency-and-anti-corruption.html?download=85:jaeck-f-et-al-good-samaritan-law-in-europe> (date of access: 17.03.2025).
16. Matt, S.B. Good Samaritan laws: Will I be protected if I help? / S.B. Matt // *Nurse Practitioner*. – 2018. – Vol. 43, No. 3. – P. 52–54. – DOI: 10.1097/01.NPR.0000530216.62772.19.
17. Tannvik, T.D. A systematic literature review on first aid provided by laypeople to trauma victims / T.D. Tannvik, H.K. Bakke, T. Wisborg // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 2012. – Vol. 56, No. 10. – P. 1222–1227. – DOI: 10.1111/j.1399-6576.2012.02739.x.
18. О совершенствовании деятельности учебно-тренировочного центра: приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 14 апр. 2023 г. № 527 // *іlex: информ. правовая система* (дата обращения: 17.03.2025).
19. Об утверждении Правил оказания первой помощи лицам без медицинского образования, в том числе прошедшим соответствующую подготовку и Стандарта оказания первой помощи: приказ Министра здравоохранения Респ. Казахстан от 15 дек. 2020 г. № ҚР ДСМ-269/2020 // *Әділет: информационно-правовая система нормативных правовых актов Респ. Казахстан* (дата обращения: 17.03.2025).
20. Об утверждении порядка оказания первой помощи: приказ Минздрава России от 3 мая 2024 г. № 220н // *КонсультантПлюс. Россия: справ. правовая система* (дата обращения: 17.03.2025).
21. О создании и функционировании единой государственной системы обучения населения методам оказания первой помощи при состояниях, представляющих угрозу для жизни и (или) здоровья человека: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 22 дек. 2014 г. № 1221: в ред. от 19 сент. 2016 г. № 737 // *іlex: информ. правовая система* (дата обращения: 17.03.2025).
22. О единой государственной системе обучения населения методам оказания первой помощи: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 7 авг. 2018 г. № 63 // *іlex: информ. правовая система* (дата обращения: 17.03.2025).
23. Первая помощь: учебное пособие для лиц, оказывающих первую помощь в соответствии с Порядком оказания первой помощи / под ред. Л.И. Дежурного, Г.В. Неудахина, А.А. Колодкина, А.Ю. Закурдаевой. – М.: ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 2025. – 118 с.
24. Об утверждении правил обучения граждан Республики Казахстан навыкам оказания первой помощи, а также перечня экстренных и неотложных состояний, при которых оказывается первая помощь: приказ Министра здравоохранения Респ. Казахстан от 19 окт. 2020 г. № ҚР ДСМ-138/2020 // *Әділет: информационно-правовая система нормативных правовых актов Респ. Казахстан* (дата обращения: 17.03.2025).

**Правовое регулирование оказания первой помощи и обучения оказанию первой помощи в контексте формирования модельного законодательства стран ОДКБ**

**Legal regulation of first aid and first aid training in the context of model legislation in the CSTO countries**

***Маршалко Ольга Владимировна***

кандидат медицинских наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра управления защитой от чрезвычайных ситуаций, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: marshalko73@gmail.com

SPIN-код: 7720-8060

***Olga V. Marshalko***

PhD in Medical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Emergency Management, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: marshalko73@gmail.com

ORCID: 0009-0007-2252-9748

***Ахметалин Бауржан Нурланович***

Департамент по чрезвычайным ситуациям города Астаны Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан, управление ликвидации чрезвычайных ситуаций, начальник управления

Адрес: ул. Жангелдина, 24, 010000, г. Астана, Казахстан

Email: baur18@bk.ru

***Baurzhan N. Akhmetalin***

Department of Emergency Situations of the City of Astana of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Emergency Management Department, Head of Department

Address: Zhangeldina str., 24, 010000, Astana, Kazakhstan

Email: baur18@bk.ru

ORCID: 0009-0002-2230-6230

***Хроколов Виталий Александрович***

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра управления защитой от чрезвычайных ситуаций, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: Xrvavit2604@gmail.com

SPIN-код: 8926-3945

***Vitaliy A. Khrokolov***

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Emergency Management, Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: Xrvavit2604@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6577-4061

## LEGAL REGULATION OF FIRST AID AND FIRST AID TRAINING IN THE CONTEXT OF MODEL LEGISLATION IN THE CSTO COUNTRIES

Marshalko O.V., Akhmetalin B.N., Khrokolov V.A.

*Purpose.* To determine the peculiarities of legal regulation of the issues of first aid and first aid training in the Republic of Belarus, the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation as the main initiators of the formation of modal legal legislation of the CSTO countries.

*Methods.* Empirical method (analysis of normative legal acts), complex-combined method (analysis and synthesis). The search for publications was carried out in the international systems of scientific information search Scopus, Web of Science, Google Scholar, PubMed. The search of normative legal acts was carried out in the information legal system of the Republic of Belarus iLex, information legal system of normative legal acts of the Republic of Kazakhstan Ədilet, reference legal system of the Russian Federation Consultant Plus.

*Findings.* It has been established that the legislation of the Republic of Belarus, the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation contains the key principles of legal regulation of first aid and first aid training. However, the level of knowledge and practical skills in first aid among the population remains low. One possible solution is mandatory first aid training for the population, using a developmental approach to instill skills and confidence in their actions, as well as legislating the frequency of first aid training for different categories of the population. First aid training should be supported by official standards and guidelines. Fear of legal prosecution for inadvertently causing harm to a victim while providing first aid is one of the main barriers among the population. Legislative regulation of the issues of exemption from legal liability of persons obliged to provide first aid in case of unintentional infliction of harm may become a motivating factor for increasing public involvement in the process of first aid.

*Application field of research.* The results of the study can be applied in the normative activity, as well as in the educational process in the writing of methodological materials, lectures, teaching aids, etc.

*Keywords:* first aid delivering, first aid training, regulatory legal acts, responsibility, duty, emergency situations.

(The date of submitting: March 20, 2025)

### REFERENCES

1. *O zdavookhraneni* [About healthcare]: *Law of the Republic of Belarus, June 18, 1993, No. 2435-XII*: as amended on July 8, 2024 No. 26-3. iLex: information legal system (accessed: March 17, 2025). (rus)
2. *O zdorov'e naroda i sisteme zdavookhraneniya* [About the health of the people and the healthcare system]: *Code of the Republic of Kazakhstan dated July 7, 2020 No. 360-VI 3PK*: as amended on March 16, 2025. Ədilet: information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan (accessed: March 17, 2025). (rus)
3. *Ob osnovakh okhrany zdorov'ya grazhdan v Rossiyskoy Federatsii* [On the fundamentals of health protection of citizens in the Russian Federation]: *Federal law of November 21, 2011 No. 323-ФЗ*: as amended on December 28, 2024 No. 554-ФЗ with amendments and additions, entered into force on March 1, 2025. KonsultantPlyus. Russia: reference legal system (accessed: March 17, 2025). (rus)
4. Stanishevskiy A.L. Gotovnost' naseleniya k okazaniyu pervoy pomoshchi. Obzor literatury [Population readiness for first aid. Literature review]. *Proc. of Scientific-practical conf. with international participation dedicated to the 90th anniversary of Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education «Ot istokov k dostizheniyam XXI veka»*, Minsk, October 7–8, 2021. – Minsk: Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, 2021. Pp. 621–627. (rus)
5. Birkun A.A., Kosova Y.A. Obshchestvennoe mnenie po voprosam obucheniya naseleniya osnovam serdechno-legochnoy reanimatsii: opros zhiteley Krymskogo poluostrova [Public opinion on community basic cardiopulmonary resuscitation training: a survey of inhabitants of the Crimean peninsula]. *Russian Sklifosovsky Journal «Emergency Medical Care»*, 2018. Vol. 7, No. 4. Pp. 311–318. (rus). DOI: 10.23934/2223-9022-2018-7-4-311-318. EDN: YTUDMD.
6. Bogdan I.V., Gurylina M.V., Chistyakova D.P. Znaniya i prakticheskiy opyt naseleniya v voprosakh okazaniya pervoy pomoshchi [Knowledge and practical experience of the population in providing first aid]. *Health care of the Russian Federation*, 2020. Vol. 64, No. 5. Pp. 253–257. (rus). DOI: 10.46563/0044-197X-2020-64-5-253-257. EDN: NGAJZY.
7. Marshalko O.V., Panasevich V.A., Tsinkevich O.I. Otsenka urovnya sformirovannosti kompetentsiy po okazaniyu pervoy pomoshchi u rukovoditeley i rabotnikov organov i organizatsiy [Assessing the level

- of development of first aid competencies among managers and employees of agencies and organizations]. *Journal of Civil Protection*, 2024. Vol. 8, No. 4. Pp. 472–480. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X. 2024.8-4.472. EDN: ZFAWKU.
8. Perkins G.D., Handley A.J., Koster R.W., Castrén M., Smyth M.A., Olasveengen T., Monsieurs K.G., Raffay V., Gräsner J.-T., Wenzel V., Ristagno G., Soar J. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation*, 2015. Vol. 95. Pp. 81–99. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.015.
9. Song K.J., Shin S.D., Park C.B., Kim J.Y., Kim D.K., Kim C.H., Ha S.Y., Eng Hock Ong M., Bobrow B.J., McNally B. Dispatcher-assisted bystander cardiopulmonary resuscitation in a metropolitan city: a before-after population-based study. *Resuscitation*, 2014. Vol. 85, No. 1. Pp. 34–41. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2013.06.004.
10. Birkun A.A., Dezhurnyy L.I. Normativno-pravovoe regulirovanie okazaniya pervoy pomoshchi i obucheniya okazaniyu pervoy pomoshchi pri vnegospital'noy ostanovke serdtsa [Legal and regulatory framework for provision of first aid and education in first aid in out-of-hospital cardiac arrest]. *Russian Sklifosovsky Journal «Emergency Medical Care»*, 2021. Vol. 10, No. 1. Pp. 141–152. (rus). DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-141-152. EDN: BITGPF.
11. Friesen J., Patterson D., Munjal K. Cardiopulmonary resuscitation in resource-limited health systems—considerations for training and delivery. *Prehospital and Disaster Medicine*, 2015. Vol. 30, No. 1. Pp. 97–101. DOI: 10.1017/S1049023X14001265.
12. *Law and first aid: Promoting and protecting life-saving action*. International Federation of the Red Cross and Red Crescent Societies. Geneva: IFRC, 2015. 32 p.
13. Dezhurnyy L.I., Lysenko K.I., Baturin D.I. Rol' okazaniya pervoy pomoshchi postradavshim v predotvrashchenii prezhdevremennoy smertnosti v Rossii [The role of unprofessional emergency aid to a victim in avoiding untimely death in Russia]. *Social Aspects of Population Health*, 2011. No. 2 (18). Article 21. 8 p. (rus). EDN: NUZGZF.
14. Verkhovodkina T.V., Kurzova B.I., Sokolov Yu.A. Aktual'nye voprosy okazaniya pervoy pomoshchi v Respublike Belarus' [Current issues of first aid in the Republic of Belarus]. *Proc. of Satellite distance scientific-practical conf. of students and young scientists «Fundamental'naya nauka v sovremennoy meditsine 2021»*, Minsk, April 2021. Minsk, Belarusian State Medical University, 2021. Pp. 370–374. URL: <https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/31646>. (rus)
15. *The Good Samaritan Law across Europe*. The Dan Legal Network, National Coordinators Committee. 20 p. Available at: <https://e-docs.eplo.int/index.php/repository-list/category/16-transparency-and-anti-corruption.html?download=85:jaeck-f-et-al-good-samaritan-law-in-europe> (accessed: March 17, 2025).
16. Matt S.B. Good Samaritan laws: Will I be protected if I help? *Nurse Practitioner*, 2018. Vol. 43, No. 3. Pp. 52–54. DOI: 10.1097/01.NPR.0000530216.62772.19.
17. Tannvik T.D., Bakke H.K., Wisborg T. A systematic literature review on first aid provided by laypeople to trauma victims. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 2012. Vol. 56, No. 10. Pp. 1222–1227. DOI: 10.1111/j.1399-6576.2012.02739.x.
18. *O sovershenstvovanii deyatelnosti uchebno-trenirovochnogo tsentra* [On improving the activities of the training center]: order of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated April 14, 2023 No. 527. illex: information legal system (accessed: March 17, 2025). (rus)
19. *Ob utverzhdenii Pravil okazaniya pervoy pomoshchi litsam bez meditsinskogo obrazovaniya, v tom chisle proshedshim sootvetstvuyushchuyu podgotovku i Standarta okazaniya pervoy pomoshchi* [On approval of the Rules for providing first aid to persons without medical education, including those who have undergone appropriate training, and the Standard for providing first aid]: order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated December 15, 2020 No. № ҚР ДСМ-269/2020. Әділет: information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan (accessed: March 17, 2025). (rus)
20. *Ob utverzhdenii poryadka okazaniya pervoy pomoshchi* [On approval of the procedure for providing first aid]: order of the Ministry of Health of Russia dated May 3, 2024 No. 220H. Konsul'tantPlyus. Russia: reference legal system (accessed: March 17, 2025). (rus)
21. *O sozdanii i funktsionirovanii edinoy gosudarstvennoy sistemy obucheniya naseleniya metodam okazaniya pervoy pomoshchi pri sostoyaniyakh, predstavlyayushchikh ugrozu dlya zhizni i (ili) zdorov'ya cheloveka* [On the creation and functioning of a unified state system for training the population in methods of providing first aid in conditions that pose a threat to human life and (or) health]: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus dated December 22, 2014 No. 1221: as amended on September 19, 2016 No. 737. illex: information legal system (accessed: March 17, 2025). (rus)

22. *O edinoy gosudarstvennoy sisteme obucheniya naseleniya metodam okazaniya pervoy pomoshchi* [On the unified state system of training the population in first aid methods]: *Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated August 7, 2018, No. 63*. ilex: information legal system (accessed: March 17, 2025). (rus)
23. *Pervaya pomoshch': uchebnoe posobie dlya lits, okazyvayushchikh pervuyu pomoshch' v sootvetstvi s Poryadkom okazaniya pervoy pomoshchi* [First aid: tutorial for persons providing first aid in accordance with the Procedure for providing first aid]. Ed. by L.I. Dezhurny, G.V. Neudakhin, A.A. Kolodkin, A.Yu. Zakurdaeva. Moscow: Pirogov National Medical and Surgical Center, 2025. 118 p. (rus)
24. *Ob utverzhdenii pravil obucheniya grazhdan Respubliki Kazakhstan navykam okazaniya pervoy pomoshchi, a takzhe perechnya ekstremnykh i neotlozhnykh sostoyaniy, pri kotorykh okazyvaetsya pervaya pomoshch'* [On approval of the rules for training citizens of the Republic of Kazakhstan in first aid skills, as well as a list of emergency and urgent conditions in which first aid is provided]: *order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated October 19, 2020 No. ҚР ДСМ-138/2020*. Әділет: information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan (accessed: March 17, 2025). (rus)

Copyright © 2025 Akhmetalin B.N., Marshalko O.V., Khrokolov V.A.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ  
статей для публикации в научном журнале  
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси статьи должны представлять результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативным техническим документам, справочные материалы и т.п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья предоставляется в двух экземплярах. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала: <https://journals.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, предоставляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес: [vestnik@ucp.by](mailto:vestnik@ucp.by). Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал статьи излагается в следующем порядке:

1) информация об авторах (на отдельном листе): фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, email (обязательно), имеющиеся персональные идентификационные номера в наукометрических базах (при этом обязательным является указание SPIN-кода РИНЦ, идентификатора ORCID). Если авторов несколько, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;

2) номер УДК (универсальная десятичная классификация);

3) название статьи;

4) аннотация (не менее 200 и не более 300 слов) является основным источником информации о статье, может публиковаться самостоятельно в реферативных журналах и информационных системах в отрыве от основного текста и, следовательно, должна быть понятной без обращения к самой публикации. Аннотация должна раскрывать: *цель* (определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *методы* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *результаты* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *область применения исследований* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость);

5) ключевые слова и словосочетания статьи (не более 12 слов);

6) дата поступления статьи (месяц и год);

7) введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

8) указание на источник финансирования (если статья подготовлена в рамках выполнения гранта научных исследований);

9) список цитированной литературы. Для каждого источника указывается (при наличии) его DOI. Эксперты международных наукометрических баз данных негативно воспринимают включение в список цитированной литературы источников локального характера (постановлений, законов, инструкций, неопубликованных отчетов, диссертаций, авторефератов и т.п.), электронных материалов и ресурсов сети Интернет. Поэтому ссылки на такие источники рекомендуем оформлять в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: информация об авторах; название статьи; аннотация, обязательно включающая следующие пункты: purpose, methods, findings, application field of research; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся фамилия, имя, отчество авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций, издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать интернет-ресурсы, например сайт: <http://translit.net>.

Основные требования к оформлению статей, предоставляемых в научный журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте издания: <https://journals.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основного содержания статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ  
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

**Факультет заочного обучения**

**Проводит:**

**Подготовку по специальностям:**

**6-05-1033-01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»** с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения – заочная. Полный срок обучения – 5 лет, сокращенный – 3 года.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

**Факультет безопасности жизнедеятельности**

**Проводит:**

**Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:**

**9-09-1033-02 «Инжиниринг безопасности объектов строительства»** с присвоением квалификации «Инженер». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

**9-09-1033-03 «Промышленная безопасность»** с присвоением квалификации «Инженер». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о переподготовке на уровне высшего образования.

**Повышение квалификации для руководящих работников и специалистов, имеющих высшее или среднее специальное образование, по образовательным программам:**

- «Экспертная деятельность» (в пожарной безопасности);
- «Пожарная безопасность. Предупреждение чрезвычайных ситуаций. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны»;
- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики, применяемых на БелАЭС»;
- «Проектирование систем пожарной автоматики»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (инженерно-технические работники)»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь»;
- «Промышленная безопасность»;
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности при обращении пиротехнических изделий»;
- «Безопасность горных работ»;
- «Экспертная деятельность в промышленной безопасности»;
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения в медицинских целях);
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения, в целях отличных от медицинских);
- «Основы обеспечения ядерной и радиационной безопасности» (для лиц, участвующих в обеспечении ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии);
- «Экспертиза безопасности в области использования атомной энергии» (для работников, оказывающих услуги по проведению экспертизы безопасности в области использования атомной энергии);
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Охрана труда»;
- «Защита от чрезвычайных ситуаций»;
- «Противодействие коррупции»;
- «Реагирование на инциденты с наличием химических, биологических, радиоактивных и ядерных веществ».

**Обучающие курсы для лиц, имеющих профессионально-техническое и общее среднее образование, по образовательным программам:**

- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (исполнители работ)»;
- «Защита от чрезвычайных ситуаций».

**Семинары по образовательным программам:**

- «Оказание первой помощи пострадавшим в ЧС»;
- «Расчет предела огнестойкости (железобетонных, металлических, деревянных, каменных строительных конструкций»;
- «Расчет времени эвакуации людей при пожаре»;
- «Расчет температурного режима пожара в помещении»;
- «Расчет величины противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и наружными установками»;
- «Расчет площади легкобросываемых конструкций»;
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Порядок проектирования пассивной противопожарной защиты зданий различного назначения»;
- «Оптимизация затрат на обеспечение требований пожарной безопасности на основании расчетных методов»;
- «Охрана труда в организациях непромышленной сферы».

**Подготовку лиц к поступлению в учреждения образования Республики Беларусь по учебным предметам:** математика, физика, русский язык, белорусский язык, английский язык, немецкий язык, французский язык, история, обществоведение, химия (очная/дистанционная форма обучения).

**Обучение проводит профессорско-преподавательский состав университета и ведущие специалисты Республики Беларусь в области пожарной и промышленной безопасности.**

Наш адрес: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25,  
ФЗО: тел/факс +37517 340-71-89,  
ФБЖ: тел. +37517 340-69-55, факс +37517 340-35-58, email: [fpipk@ucsp.by](mailto:fpipk@ucsp.by).

Дополнительная информация размещена на сайте университета: <http://ucsp.by>  
в разделе «Повышение квалификации»

Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты МЧС Беларуси**  
***Том 9, № 3, 2025***

Подписано в печать 13.08.2025.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 18,14. Уч.-изд. л. 16,94.  
Тираж 35 экз. Заказ 050-2025.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/259 от 14.10.2016.  
Ул. Машиностроителей, 25, 220118, Минск.