

ISSN 1684-6435

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



7(247) 2021

# Издательство «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

выпускает научно-технические журналы

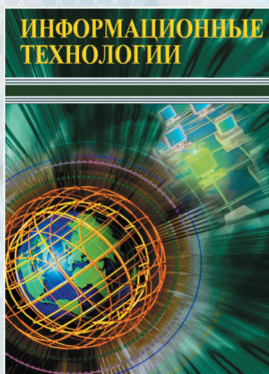


Научно-практический и учебно-методический журнал

## БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В журнале освещаются достижения и перспективы в области исследований, обеспечения и совершенствования защиты человека от всех видов опасностей производственной и природной среды, их контроля, мониторинга, предотвращения, ликвидации последствий аварий и катастроф, образования в сфере безопасности жизнедеятельности.

Подписной индекс по Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 79963



Ежемесячный теоретический  
и прикладной научно-  
технический журнал

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития основных направлений в области разработки, производства и применения информационных технологий.

Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 72656

Междисциплинарный  
теоретический и прикладной  
научно-технический журнал

## НАНО- и МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития нано- и микросистемной техники, рассматриваются вопросы разработки и внедрения наномикросистем в различные области науки, технологии и производства.



Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 79493



Ежемесячный теоретический  
и прикладной  
научно-технический журнал

## МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

В журнале освещаются достижения в области мехатроники, интегрирующей механику, электронику, автоматику и информатику в целях совершенствования технологий производства и создания техники новых поколений. Рассматриваются актуальные проблемы теории и практики автоматического и автоматизированного управления техническими объектами и технологическими процессами в промышленности, энергетике и на транспорте.

Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 79492

Теоретический  
и прикладной  
научно-технический журнал

## ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

В журнале освещаются состояние и тенденции развития основных направлений индустрии программного обеспечения, связанных с проектированием, конструированием, архитектурой, обеспечением качества и сопровождением жизненного цикла программного обеспечения, а также рассматриваются достижения в области создания и эксплуатации прикладных программно-информационных систем во всех областях человеческой деятельности.



Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 22765

Адрес редакции журналов для авторов и подписчиков:  
107076, Москва, Стромьинский пер., 4. Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ".  
Тел.: (499) 269-55-10, 269-53-97. E-mail: antonov@novtex.ru



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

**Редакционный совет:**

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.  
 ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,  
 д.т.н., проф.  
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,  
 д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)  
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
 проф.  
 ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.  
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.  
 РОДИН В. Е., д.т.н., проф.  
 ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.  
 УШАКОВ И. Б., акад. РАН,  
 д.м.н., проф.  
 ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,  
 д.т.н., проф.  
 ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,  
 д.м.н., проф.  
 АНТОНОВ Б. И.  
 (директор издательства)

**Главный редактор**

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

**Зам. главного редактора**

ПОЧТАРЕВА А. В.

**Редакционная коллегия:**

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.  
 ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.  
 ВОРОБЬЕВ Д. В., д.м.н., проф.  
 ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.  
 (Польша)  
 ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.  
 КИРСАНОВ В. В., д.т.н., проф.  
 КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.  
 КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,  
 проф.  
 КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,  
 проф.  
 КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.  
 МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.  
 МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.  
 МАТЮШИН А. В., д.т.н.  
 МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.  
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.  
 РОДИН Г. А., д.т.н., проф.  
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.  
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.  
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.  
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

7(247)  
2021

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ

- Вадулина Н. В., Абдрахманов Н. Х., Мухаметова К. В., Здарская Н. Н., Савельева Д. Ю.** Выявление и профилактика хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей ..... 3
- Фомин А. И., Шевченко Л. А., Грунско́й Т. В.** Улучшение температурного режима на рабочих местах в условиях термощахтной добычи высоковязкой нефти Ярегского месторождения ..... 12
- Черный К. А., Белокрылова Е. Л.** Методика оценки профессионального риска здоровью работников при воздействии производственного шума ..... 19

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Шленков А. В., Горелов А. А., Кочин А. А.** Модели стресспреодолевающего поведения сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России ..... 25
- Мальгин Е. Л., Шеметова Е. Г., Деревянкин А. В., Доленко Г. Н.** Эвакуация из высотных зданий при пожаре: оценка проблемных факторов обеспечения безопасности и охраны труда ..... 33

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Дроздов В. В., Лисовский А. Я.** Шумовое загрязнение среды при судоходстве и экологическая безопасность экосистем ..... 41
- Лепихова В. А., Ляшенко Н. В., Чибинев Н. Н., Шестак С. Г.** Методология контроля параметров дисперсных систем и экологического состояния окружающей среды ..... 50

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



# LIFE SAFETY

## BEZOPASNOST' ZHIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since  
January 2001

### Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,  
Dr. Sci (Tech.)  
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)  
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)  
PLYUSHCHIKOV V. G.,  
Dr. Sci (Agri.-Cult.)  
PRONIN I. S., Dr. Sci (Phys.-Math.)  
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)  
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)  
USHAKOV I. B., Acad. RAS,  
Dr. Sci (Med.)  
FEDOROV M. P., Acad. RAS,  
Dr. Sci (Tech.)  
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Med.)  
ANTONOV B. I.

### Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

### Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

### Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)  
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
VOROBYEV D. V., Dr. Sci (Med.)  
ZABOROVSKIY T. (Poland),  
Dr. Sci. (Tech.)  
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)  
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)  
KIRSANOV V. V., Dr. Sci. (Tech.)  
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)  
KRASNOGORSKAYA N. N.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
KSENOFONTOV B. S.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)  
MARTYNYUK V. Ph.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)  
MIRMOVICH E. G.,  
Cand. Sci. (Phis.-Math.)  
RODIN G. A., Dr. Sci. (Tech.)  
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)  
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)  
SHVARTSBURG L. E.,  
Dr. Sci. (Tech.)

7(247)  
2021

## CONTENTS

### LABOUR AND HEALTH PROTECTION

- Vadulina N. V., Abdrakhmanov N. Kh., Mukhametova K. V., Zdarskaya N. N., Savelyeva D. Yu.** Identification and Prevention of Chronic Diseases in the Performance of Labor Responsibilities ..... 3
- Fomin A. I., Shevchenko L. A., Grunskoy T. V.** Improving the Temperature Regime at Workplaces in the Conditions of Thermal Mining of High-Viscosity Oil from the Yarega Field .....12
- Chernyi K. A., Belokrylova E. L.** Method of Occupational Health Risk Assessment of Workers in Industrial Noise Impact .....19

### FIRE SAFETY

- Shlenkov A. V., Gorelov A. A., Cochlin A. A.** Models of Stress-Overcoming Behavior of Employees with Extreme Activity Profiles .....25
- Malgin E. L., Shemetova E. G., Derevyankin A. V., Dolenko G. N.** Evacuation from High-Rise Buildings in Case of Fire: Assessment of Problematic Factors for Ensuring Safety and Labor Protection .....33

### ECOLOGICAL SAFETY

- Drozdov V. V., Lisovsky A. Ya.** Noise Pollution in Shipping and Ecological Safety of Ecosystems .....41
- Lepikhova V. A., Lyashenko N. V., Chibinev N. N., Shestak S. G.** Methodology for Monitoring the Parameters of Dispersed Systems and the Ecological State of the Environment .....50

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru)

УДК 613.62

**Н. В. Вадулина**, канд. техн. наук, доц. кафедры,  
**Н. Х. Абдрахманов**, д-р техн. наук, зав. кафедрой, e-mail: anailx@mail.ru,  
**К. В. Мухаметова**, студент, **Н. Н. Здарская**, студент,  
**Д. Ю. Савельева**, студент, Уфимский государственный нефтяной технический университет

## Выявление и профилактика хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей

*Рассмотрены вопросы выявления и профилактики хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей. Приведены основные риски, с которыми сталкиваются работники нефтяной и газовой отрасли в процессе своей работы: организационные; санитарно-гигиенические; технические и т. д. Проанализированы заболевания, которым подвержены работники нефтяной и газовой отрасли. Отмечено, что в особой зоне риска находятся сотрудники, занятые бурением, процессом сжигания и переработки нефти, а также занятые на строительных платформах. Неблагоприятными факторами для здоровья человека в данном случае выступают вредные химические вещества, работа с большим количеством специализированного оборудования, повышенный шум, погодные условия, отдаленность от населенных пунктов и т. д. Выявление и профилактика хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей на предприятиях нефтяной и газовой отрасли представляет собой целый комплекс, который входит в общую интегрированную систему управления (ИСУ), включающую в себя: промышленную безопасность, охрану труда, экологический менеджмент, систему безопасности эксплуатации оборудования, пожарную безопасность. Рассмотрены основные меры, направленные на выявление и профилактику хронических заболеваний: использование медицинского страхования; дополнительное страхование; регулярные обследования; оказание квалифицированной помощи; восстановление в санаторно-курортных учреждениях и т. д.*

**Ключевые слова:** хронические заболевания, травматизм, зона риска, техника безопасности, охрана труда, пожарная безопасность, экологический менеджмент, интегрированная система управления, медицинская помощь, диспансеризация

### Введение

Создание безопасных условий деятельности остается одним из главных приоритетов для промышленных предприятий. Это вызвано не только жесткими нормативными требованиями со стороны государственных органов, но и осмысливанием руководством предприятия своей ответственности перед обществом, и что немаловажно, значительными финансовыми потерями в случаях наступления ситуаций, связанных с несоблюдением или необеспеченностью безопасности работников.

Система безопасности подразделяется на две составляющие: система управления промышленной безопасностью и система безопасности труда.

Промышленная безопасность создает условия защищенности многозначных интересов человека и общества от происшествий на опасных производственных объектах [1]. Безопасность достигается за счет единой комплексной стратегии в масштабе страны в области обеспечения безопасности, выполнением экономических, политических, организационных мер [2].

Невзирая на то, что промышленная безопасность не представляет собой составную часть охраны труда, будет неправильным отделять ее от промышленной безопасности. Они непосредственно взаимосвязаны, особенно на предприятиях с взрывоопасной и пожароопасной технологией. Безопасность производства базируется на анализе и оценке рисков по предотвращению аварийных ситуаций, травм и усовершенствованию



условий труда, неукоснительном соблюдении правил и норм промышленной и экологической безопасности [3].

Охрана труда — система методов и средств сохранения жизни и здоровья работников в процессе труда, в которую входят следующие понятия: правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и др.

Анализ данных опубликованных источников показывает, что защита здоровья человека завоевывает все большую актуальность по всему миру. Каждый год численность опасных производственных объектов возрастает. Все подобные объекты могут неблагоприятно влиять на здоровье человека и на экологию. Условия труда могут вносить негативный вклад в увеличение смертности в трудоспособном возрасте [4–8].

Цель исследования: разработка рекомендаций по повышению эффективности выявления и профилактики хронических заболеваний, для чего предлагается использовать различные меры безопасности по предотвращению травматизма на объектах повышенной сложности и удаленности.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследования стала профессиональная деятельность на предприятиях нефтяной и газовой промышленности, которая связана с рисками для здоровья, вследствие чего могут появляться хронические заболевания, травмы, ведущие к заболеваниям, в связи с чем в данной сфере деятельности необходимо своевременное выявление и профилактика хронических заболеваний [4].

Риски работников отрасли связаны с совокупностью множества факторов, таких как:

- физическая и психологическая напряженность труда;
- неблагоприятные климатические условия;
- химические факторы;
- работа на опасных производственных объектах, на объектах повышенной пожарной опасности и с различным нефтегазопромысловым оборудованием и т. д.

Приведем обзор неэффективной системы организации труда, требования к которой изложены в "Правилах безопасности в нефтяной и газовой промышленности". Согласно этим правилам безопасные условия и охрану труда на производстве должен обеспечивать работодатель. Он же должен

выдать работникам необходимое количество спецодежды и спецобуви, средств индивидуальной защиты. На работодателя также возложены задачи по обучению персонала безопасным методам работы. Работники должны быть обучены правилам оказания первой доврачебной помощи лицам, пострадавшим от несчастных случаев [9].

На предприятиях нефтегазовой промышленности при неэффективной системе организации труда возникает большой риск нанесения вреда здоровью человека из-за воздействия нефтяных паров, газов и других вредных веществ, которые применяются в процессе производственного цикла на предприятиях нефтяной и газовой промышленности.

Несоблюдение требований безопасности производства, неэффективная организация труда могут приводить к отравлениям сотрудников. Отравления могут быть острыми и хроническими. Острые отравления возникают, как правило, из-за систематического несоблюдения требований промышленной безопасности и неэффективной организации работы и могут иметь значительные последствия, приводящие к травмам и хроническим заболеваниям. В короткий промежуток времени в организм поступает большое количество вредных веществ и наступает острое отравление. Хронические отравления носят накопительный эффект, развиваются постепенно. Возникновение хронического отравления может свидетельствовать о неэффективной системе обследования, выявления и профилактики хронических заболеваний сотрудников на предприятии нефтегазовой отрасли [10].

Хронические заболевания могут возникать вследствие полученных травм во время производственного процесса, а именно в момент выполнения своих должностных обязанностей на рабочем месте сотрудниками нефтегазовой отрасли. Можно выделить основные причины травматизма, вследствие которых могут развиваться профессиональные заболевания сотрудников (рис. 1).

Представим в виде диаграмм структуру хронических заболеваний, возникающих при выполнении трудовых обязанностей персоналом предприятий нефтяной и газовой промышленности (рис. 2, 3) [11].

Строительная площадка в нефтегазовой отрасли является зоной риска, тем более, если строительство проходит в тундре или тайге. Травмы на таких участках и несвоевременно оказанная помощь могут приводить к различным заболеваниям, в том числе хроническим. Поэтому в процессе

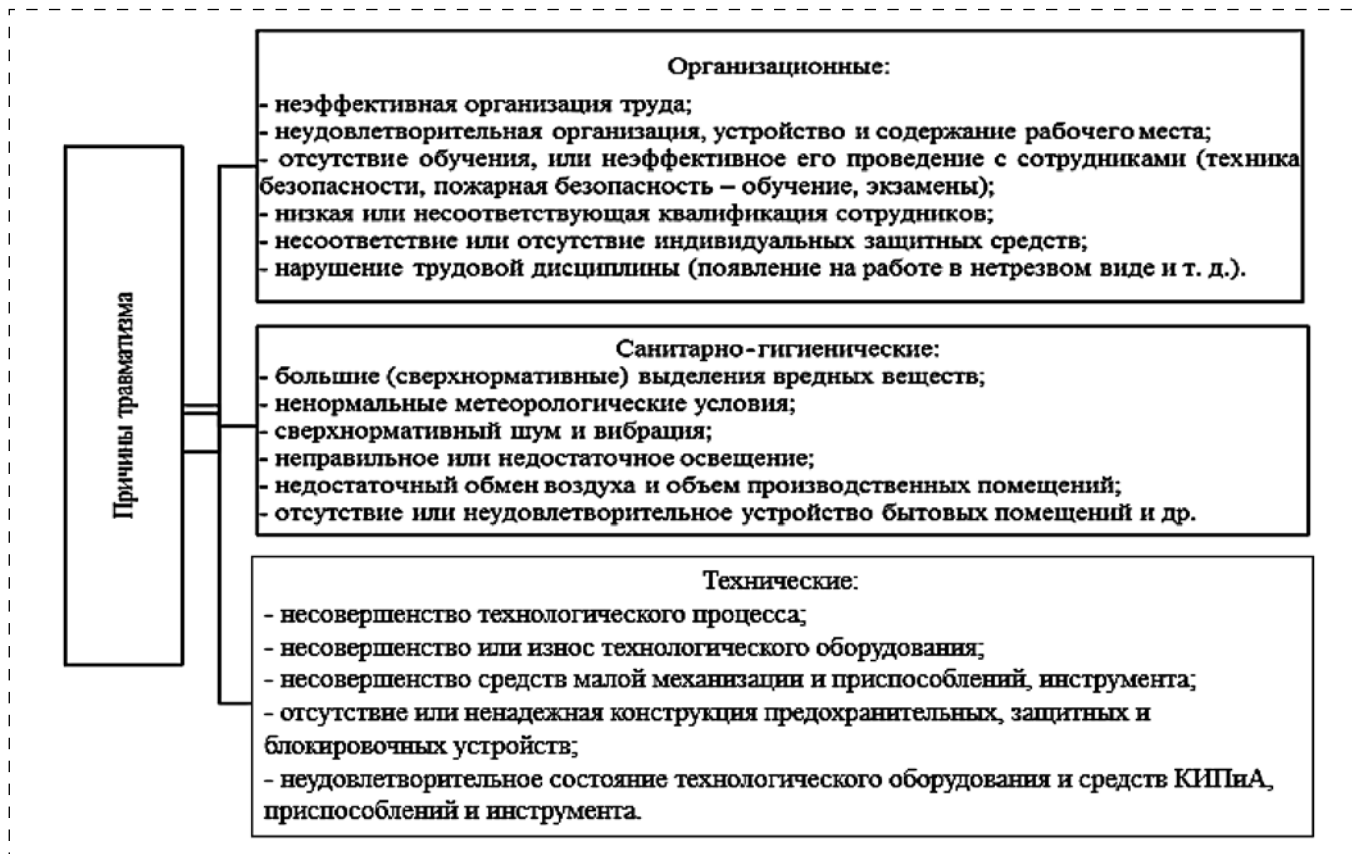


Рис. 1. Основные причины травматизма

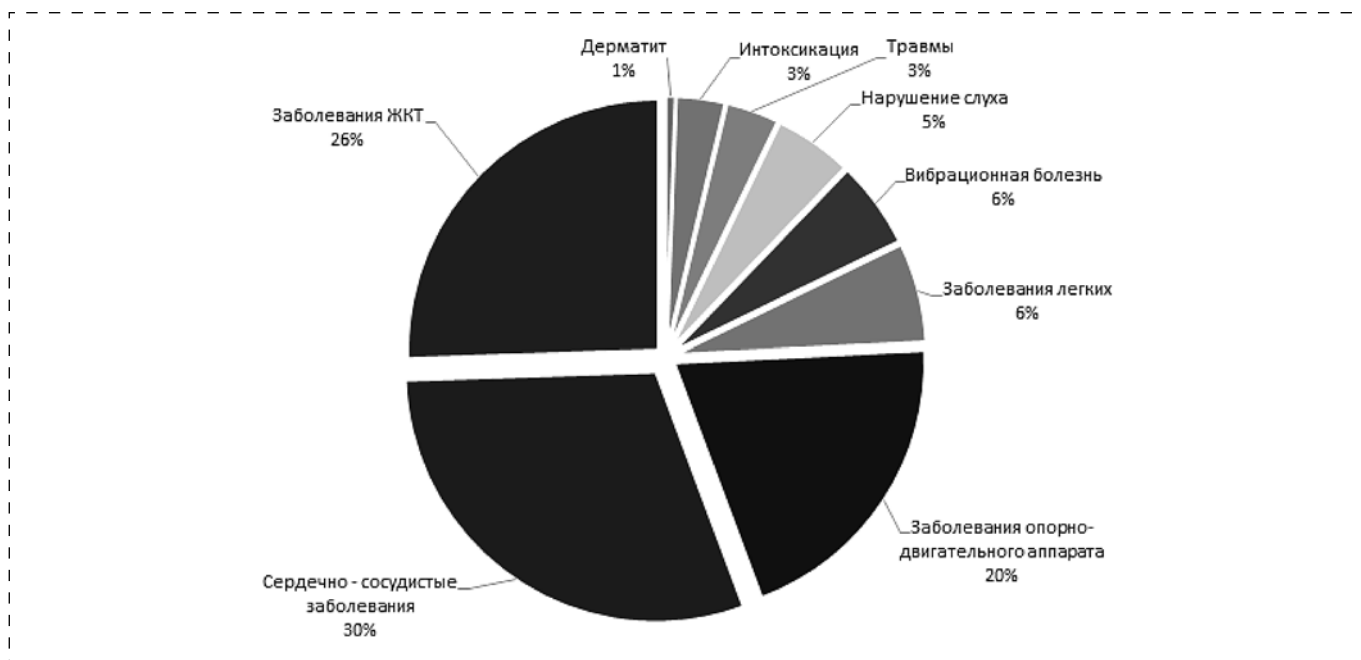


Рис. 2. Структура хронических заболеваний, возникающих при выполнении трудовых обязанностей персоналом предприятий нефтяной промышленности

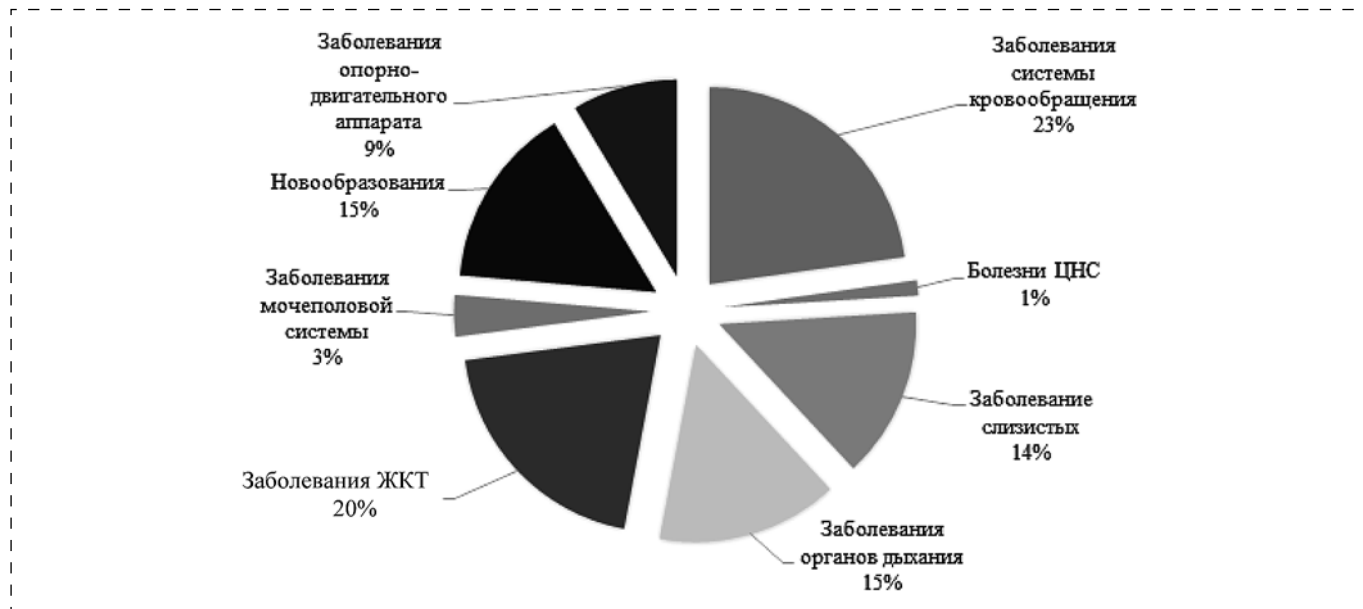


Рис. 3. Структура хронических заболеваний, возникающих при выполнении трудовых обязанностей сотрудниками газовой промышленности

освоения новых месторождений и строительства площадок необходимо уделять повышенное внимание безопасности производства и всем мерам по охране труда и промышленной безопасности [11].

В целях профилактики травматизма и возникновения хронических заболеваний необходимо использовать так называемый чек-лист, который создается на основе анализа производственного травматизма в нефтяной и газовой промышленности. Применение в работе чек-листа позволяет анализировать риски и прогнозы возникновения определенных ситуаций.

Для повышения эффективности безопасности сотрудников на строительных площадках и удаленных зонах работы на нефтегазовых предприятиях целесообразно применять переносные устройства для обеспечения безопасности, которые имеют датчик, сигналы, информация из которых стекается в пункт диспетчера (так как аналогичные стационарные устройства не представляется возможным применять из-за удаленности объектов). Получаемая информация в режиме реального времени позволяет определить местонахождение сотрудников, а также прогнозировать возможность возникновения различных внештатных ситуаций. В случае возникновения чрезвычайной ситуации подается сигнал, что дает возможность более оперативно реагировать на ситуацию.

### Результаты исследования

Основные заболевания, которым подвержены работники нефтегазовой отрасли, особенно на этапах бурения, добычи, переработки и сжигания нефти — глазные заболевания; головные боли; галлюцинации; усталость; судороги; язвы и носовые кровотечения; ушные инфекции; глухота; астма, пневмония, хронический бронхит; рак легких и туберкулез; сердечно-сосудистые заболевания; заболевания ЖКТ, в частности язва, рак желудка; заболевания печени; заболевания почек; нарушения репродуктивной функции; проблемы вынашивания здорового ребенка; дерматиты, различные кожные заболевания и т. д.

Профилактика хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей связана с политикой по охране труда, промышленной, пожарной безопасности и т. д. В первую очередь это соответствие всем стандартам и нормативно-законодательным документам политики на предприятии нефтяной и газовой промышленности. Соблюдение нормативных требований является самым эффективным способом профилактики хронических заболеваний и травматизма. На предприятиях нефтегазовой отрасли должна быть разработана и использоваться интегрированная система управления (ИСУ) по промышленной и пожарной безопасности, охране труда и охране окружающей среды. В интегрированную систему



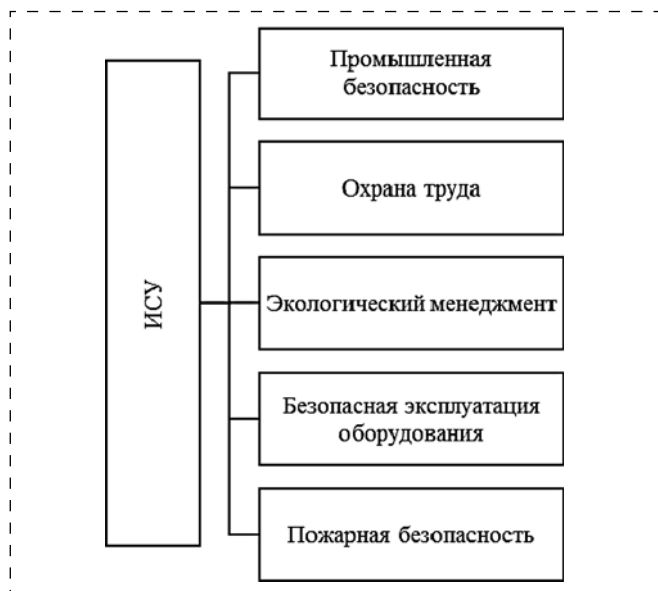


Рис. 4. Структура интегрированной системы управления

управления входят все направления деятельности (рис. 4).

Промышленная безопасность и охрана труда на предприятиях нефтяной и газовой промышленности регулируется рядом нормативных документов [12–14].

Эффективное выполнение требований безопасности труда, промышленной безопасности и сохранения здоровья — это самый лучший способ профилактики хронических заболеваний. Здоровье сотрудников является важным фактором для успешной работы крупных нефтяных и газовых компаний. Профилактика заболеваний включает в себя систему управления профессионально-обусловленными рисками, такими как:

- организация системы барьеров, которые способствуют недопуску к исполнению трудовых обязанностей работников, которые находятся в зоне риска;
- проведение регулярных медицинских осмотров в клиниках, прошедших аккредитацию, организация проведения вакцинаций для сотрудников;
- создание группы риска определенных заболеваний, например сердечно-сосудистых, и регулярный контроль членов данной группы;
- наличие медицинского кабинета и соответствующего персонала, которые обеспечивают систему эффективного экстренного реагирования в случае необходимости;
- проведение тренировочных занятий по оказанию первой медицинской помощи;
- анализ эффективности работы логистических схем экстренного реагирования;

— поддержание ведения здорового образа жизни [15, 16].

Следует отметить, что одним из основных факторов, снижающих профессиональные риски, является обеспечение производственных объектов современными и эффективными средствами, необходимыми для оказания медицинской помощи, таких как: оснащение здравпунктов необходимым современным оборудованием для диагностики и оказания неотложной помощи; наличие на объектах санитарного транспорта; обеспечение хорошей связью на объектах, в том числе желательно наличие телемедицины.

Профилактика хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей в рамках системы управления на предприятиях нефтегазовой отрасли базируется на непрерывном мониторинге и разборе всех возникающих случаев и ситуаций, которые привели к травматизму или возникновению хронических заболеваний. Для эффективного ведения учета в международной практике существует PSE (Process Safety Events), который классифицирует события и ведет их учет [5, 17].

Выявление и профилактика хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей на предприятиях осуществляется на основании использования государственных программ обязательного медицинского страхования, добровольных видов страхования.

Для повышения эффективности ИСУ, в частности выявления и профилактики хронических заболеваний при выполнении трудовых обязанностей на предприятиях, необходимо включить программу "Диспансеризации", основная цель которой — это выявление хронических неинфекционных заболеваний и онкологических заболеваний на ранних стадиях.

Компании должны заключать договора с медицинскими учреждениями, чтобы сотрудники в полном составе могли пройти обследование. Как правило, полное обследование имеет два блока: основной и углубленный. Основное обследование проходят все сотрудники предприятия, а углубленный — по рекомендациям врачей — некоторые сотрудники по показаниям. В процессе обследования сотрудники получают квалифицированную консультацию по различным вопросам и направлениям, например, в области сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения, центральной нервной системы и т. д.

По итогам обследования каждому сотруднику выдается паспорт здоровья, в котором указывается уровень состояния его организма, наличие



хронических и онкологических заболеваний, а также рекомендации по лечению и вмешательству [18].

Для выявления и профилактики хронических заболеваний необходимо использовать современные методы оценки рисков здоровья и жизни сотрудников нефтегазовой отрасли. Рассмотрим основные показатели, применимые к отрасли.

Индекс профессиональной заболеваемости:

$$I_{пз} = (KK_T)^{-1}, \quad (1)$$

где  $K$  — частота выявления профессионального заболевания у сотрудников нефтегазовой отрасли;  $K_T$  — степень тяжести.

Интегральный показатель по виду экономической деятельности:

$$I_{э,д} = \frac{E_{фсс}}{E_{фот}} 100 \%, \quad (2)$$

где  $E_{фсс}$  — сумма расходов на страхование в нефтяной и газовой отрасли в прошедшем отчетном периоде;  $E_{фот}$  — фонд оплаты труда в нефтегазовой отрасли, на которые начислены страховые взносы в прошедшем периоде [11].

Для проведения расчетов и анализа профессиональной заболеваемости целесообразно использовать разработанные чек-листы для проведения специальной оценки условий труда. Результаты сводятся в итоговую таблицу (табл. 1).

Специальная оценка условий труда проводится в каждом структурном подразделении компании, проводят ее члены избранной комиссии.

Для определения риска развития хронических заболеваний используют формулу

$$R = \frac{a/(a+b)}{c/(c+d)}, \quad (3)$$

где  $a$  — выявленные больные работники нефтегазовой отрасли, занятые на вредном производстве, прошедшие медицинские осмотры;  $a + b$  — здоровые и больные работники по результатам медицинского исследования;  $c$  — выявленные больные работники нефтегазового предприятия, не занятые на вредном производстве, или работающие с допустимой вредностью, прошедшие медицинский осмотр;  $c + d$  — общее число выявленных больных и здоровых, прошедших медицинский осмотр (из числа работников с 1 и 2 классом условий труда).

Расчет возможного процента ( $EF$ ) возникновения хронических заболеваний проводится по формуле [11]

$$EF = [(R - 1)/R]100 \%. \quad (4)$$

По данным табл. 1 и используя формулу (3), рассчитаем:

$$R = \frac{6/377}{7/1328} = \frac{0,016}{0,005} = 3,2,$$

где 6 и 7 — число выявленных рабочих мест с вредными и допустимыми условиями труда соответственно. При  $R \leq 2$  — связь заболевания с видом деятельности слабая;  $R = 2...5$  — заболевание профессионально-обусловленное;  $R \geq 5$  — заболевание является хроническим профессиональным.

На основании полученных результатов ООО "Газпром трансгаз Сургут" можно сделать выводы и прогнозы по рискам возникновения хронических заболеваний сотрудников (табл. 2).

Далее рассчитаем возможность возникновения перехода условно-профессиональных заболеваний в хронические профессиональные по формуле (4)

$$EF = [(3,2 - 1)/3,2]100 \% = 68,75 \%$$

Таблица 1

Результаты проведения специальной оценки условий труда (по данным ПАО «Газпром» филиал в городе Сургут ООО "Газпром трансгаз Сургут") [19]

|                         | Количество рабочих мест |                                         |                                                                    |                                                                                                         |                                      |                     |     |     |     |     |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|
|                         | Всего                   | Специальная оценка условий труда (СОУТ) | Проведены исследования вредных и опасных производственных факторов | Подлежат декларированию соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда | в том числе с классами условий труда |                     |     |     |     |     |
|                         |                         |                                         |                                                                    |                                                                                                         | оптимальными и допустимыми           | вредными и опасными |     |     |     |     |
|                         |                         |                                         |                                                                    |                                                                                                         | 1 и 2                                | 3.1                 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 4.0 |
| Количество рабочих мест | 1705                    | 1705                                    | 1705                                                               | 1705                                                                                                    | 1328                                 | 135                 | 94  | 113 | 18  | 17  |
| Количество работников   | 1705                    | 1705                                    | 1705                                                               | 1705                                                                                                    | 1328                                 | 135                 | 94  | 113 | 18  | 17  |

**Риски возникновения хронических заболеваний сотрудников**

|             |                                           | Класс условий труда |         |         |         |         |         |         |
|-------------|-------------------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|             |                                           | 1                   | 2       | 3.1     | 3.2     | 3.3     | 3.4     | 4       |
|             |                                           | Вероятность         |         |         |         |         |         |         |
| Заболевание | Сердечно-сосудистые заболевания           | Низкая              | Низкая  | Средняя | Средняя | Высокая | Высокая | Высокая |
|             | Заболевания ЖКТ                           | Низкая              | Средняя | Средняя | Высокая | Высокая | Высокая | Высокая |
|             | Заболевания опорно-двигательного аппарата | Низкая              | Низкая  | Низкая  | Средняя | Средняя | Высокая | Высокая |
|             | Заболевания органов дыхания               | Низкая              | Низкая  | Средняя | Средняя | Высокая | Высокая | Высокая |
|             | Новообразования                           | Низкая              | Низкая  | Средняя | Средняя | Высокая | Высокая | Высокая |

Рассчитанный риск — более 50 %, следовательно, выявленные заболевания при неправильном и несвоевременном лечении с вероятностью в 68,75 % перейдут в хроническую форму.

### Заключение

Таким образом, выполняя свои трудовые обязанности работники нефтяной и газовой отрасли часто подвергаются воздействию неблагоприятных факторов. В первую очередь это касается специалистов, занятых в процессе бурения, сжигания и переработки нефти, а также при ведении работ на строительных платформах. В ходе анализа было выявлено, что заболевания встречаются совершенно разные и могут затрагивать все органы организма человека, но чаще всего это заболевания сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, центральной нервной системы и т. д. В качестве эффективных методов по выявлению и профилактике хронических заболеваний необходимо использовать весь спектр обязательного медицинского страхования, и также дополнительно добровольное медицинское страхование. На предприятиях нефтяной и газовой промышленности следует своевременно и регулярно проводить медицинские осмотры, диспансеризацию, и в случае необходимости лечение заболеваний. Также эффективным способом профилактики является соблюдение техники безопасности, предотвращение травматизма, который может приводить к развитию хронических заболеваний.

### Список литературы

1. **Абдрахманов Н. Х.** Научно-методические основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов нефтегазового комплекса на основе

управления системными рисками: автореф дис. ... д-ра техн. наук. — Уфа: Изд-во ИПТЭР, 2014. — 45 с.

2. **Абдрахманов Н. Х., Шутов Н. В., Абдрахманова К. Н., Ворохобко В. В., Шайбаков Р. А.** Принципы разработки информационной модели управления минимизацией рисков опасных производственных объектов нефтегазового комплекса // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". — 2014. — № 4. — С. 353—367. URL: <http://ogbus.ru> (дата обращения 25.03.2020).
3. **Абдрахманов Н. Х., Шайбаков Р. А.** Автоматизированная система управления рисками // В сборнике: Актуальные вопросы разработки нефтегазовых месторождений на поздних стадиях. Технологии. Оборудование. Безопасность. Экология. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010. — С. 214—218.
4. **Алексей У.** Медицинский кластер европейского уровня // Электронный научный журнал "Нефть и Жизнь". — 2019. — № 8. — С. 20—23. URL: [https://www.tatneft.ru/storage/block\\_editor/files/c0d752b9bfca5bca4dfc614855e13f8058d8ebde.pdf](https://www.tatneft.ru/storage/block_editor/files/c0d752b9bfca5bca4dfc614855e13f8058d8ebde.pdf) (дата обращения 25.03.2020).
5. **Федосов А. В., Вадудина Н. В., Шабанова В. В., Абдрахманова К. Н.** Особенности организации промышленной безопасности и охраны труда на предприятиях нефтегазовой отрасли // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2017. — № 4 (110). — С. 193—201.
6. **Эйдемиллер Ю. Н., Федосов А. В., Ибраева В. А.** Анализ условий труда работников нефтедобывающих предприятий, занятых на работах в "особых" климатических регионах // Безопасность жизнедеятельности. — 2017. — № 11 (203). — С. 49—56.
7. **Асылгареева Ю. А., Еникеева Т. М., Федосов А. В.** Профессиональные заболевания на нефтеперерабатывающем заводе // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". — 2018. — № 3. — С. 98—109. URL: <http://ogbus.ru> (дата обращения 25.03.2020).
8. **Abdrakhmanova K. N., Fedosov A. V., Idrisova K. R., Abdrakhmanov N. Kh., Valeeva R. R.** Eview of modern software complexes and digital twin concept for forecasting emergency situations in oil and gas industry. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. — P. 32078.
9. **Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Серия 08. Выпуск 19.** — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. — 288 с.



10. **Гимранова Г. Г., Бакиров А. Б.** Особенности профессиональной заболеваемости работников нефтедобывающей отрасли // Электронный научный журнал "Нефть и Жизнь". — 2019. — № 10. — С. 156–160. URL: <https://moluch.ru/archive/120/> (дата обращения 25.03.2020).
11. **Шамсияхметова Г. И.** Профессиональные заболевания на предприятиях нефтяной промышленности // Электронный научный журнал "Молодой ученый". — 2019. — № 16. — С. 460–463. URL: <https://moluch.ru/archive/120/> (дата обращения 25.03.2020).
12. **Приказ** Минтруда России (Министерство труда и социальной защиты РФ) от 19 августа 2016 г. № 438Н "Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда".
13. **ГОСТ 12.0.230.1—2015** Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда.
14. **ISO 14001—2016** Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.
15. **Орлов О. И., Переведенцев О. В., Мамонова Е. Ю., Леванов В. М.** Метод автоматизированного комплексного анализа состояния здоровья и медицинского обеспечения в экстремальных условиях производственной деятельности // Электронный научный журнал "Авиа-космическая и экологическая медицина". — 2018. — Т. 51. — № 4. — С. 41–45.
16. **Галлямова Э. И., Еникеева Т. М., Абдрахманов Н. Х.** Мотивация работников к соблюдению техники безопасности // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. — 2016. — Т. 7. — № 1. — С. 52–55.
17. **Vadulina N. V., Abdrahmanov N. Kh., Fedosov A. V., Savicheva Yu. N., Khlopina I. D.** Ergonomics of the workplace in the lean production system // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. — 2020. — P. 42040.
18. **Назарова Т. Ю., Петицкая Ю. Ю., Вадулина Н. В., Федосов А. В.** Влияние качества проведения периодических медицинских осмотров на уровень выявления профессиональных заболеваний // В сб.: Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. Материалы Международной научно-практической конференции. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. — С. 120–124.
19. **Официальный сайт** ООО "Газпром трансгаз Сургут". URL: <http://old.gazpromspartakiada.ru/index.php?id=785> (дата обращения 14.04.2020).

**N. V. Vadulina**, Associate Professor, **N. Kh. Abdrakhmanov**, Professor, Head of Chair, e-mail: [anailx@mail.ru](mailto:anailx@mail.ru), **K. V. Mukhametova**, Student, **N. N. Zdarskaya**, Student, **D. Yu. Savelyeva**, Student, Ufa State Petroleum Technological University

## Identification and Prevention of Chronic Diseases in the Performance of Labor Responsibilities

*Chronic diseases are the result of the influence of harmful and dangerous factors during the performance of labor duties in production, the labor process and non-compliance with safety measures when performing work associated with risks. The issues of modern and preventive diseases in the performance of labor duties are considered in the article. The main risks that the oil and gas industry faces in the course of its work are given: organizational; sanitary and hygienic; technical, etc. Diseases to which employees of the oil and gas industry are exposed are analyzed. Most often there are chronic diseases of the respiratory system, gastrointestinal tract, musculoskeletal system, cardiovascular diseases, disorders of the nervous system, the risk of neoplasms and cancerous tumors increases. Employees involved in oil drilling, flaring and refining, as well as employees on construction platforms are at a special risk zone. In this case harmful chemicals, work with large special equipment, increased noise, weather conditions, remoteness from settlements, etc. are harmful factors for human health.*

*The identification and prevention of chronic diseases during the performance of labor duties at oil and gas enterprises is the main task of this study, it is a whole complex and is part of the overall integrated management system (IMS), which includes: industrial safety, labor protection, environmental management, equipment operation safety system, fire safety.*

*The article defines the main measures aimed at identifying and preventing chronic diseases: the use of health insurance; additional insurance; regular examinations; provision of qualified assistance; rehabilitation in health resorts, etc. It is proposed to use various safety measures to prevent injuries at facilities of increased complexity and remoteness as recommendations to improve the efficiency of detection and prevention of chronic diseases. Conduct prophylactic medical examination programs for employees in appropriate medical institutions in order to identify the risks of employee disease in the early stages, to prevent the transition to a chronic form and malignant formations.*

**Keywords:** chronic diseases, injuries, risk zone, safety precautions, labor protection, fire safety, environmental management, integrated management system, medical care, medical examination

## References

1. **Abdrahmanov N. H.** Nauchno-metodicheskie osnovy obespecheniya bezopasnoj ekspluatatsii opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazovogo kompleksa na osnove upravleniya sistemnymi riskami: avtoref dis. ... d-ra tekhn. nauk. Ufa: Izd-vo IPTER, 2014. 45 p.
2. **Abdrahmanov N. H., Shutov N. V., Abdrahmanova K. N., Vorohobko V. V., Shajbakov R. A.** Principy razrabotki informacionnoj modeli upravleniya minimizaciej riskov opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazovogo kompleksa. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal "Neftegazovoe delo"*. 2014. No. 4. P. 353—367. URL: <http://ogbus.ru> (date of access 25.03.2020).
3. **Abdrahmanov N. H., Shajbakov R. A.** Avtomatizirovannaya sistema upravleniya riskami. *V sbornike: Aktual'nye voprosy razrabotki neftegazovyh mestorozhdenij na pozdnyh stadiyah. Tekhnologii. Oborudovanie. Bezopasnost'. Ekologiya*. Ufa: Izd-vo UGNTU. 2010. P. 214—218.
4. **Aleksej U.** Medicinskij klaster evropejskogo urovnya. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal "Neft' i Zhizn"*. 2019. No. 8. P. 20—23. URL: [https://www.tatneft.ru/storage/block\\_editor/files/c0d752b9bfc5bca4dfc614855e13f8058d8ebde.pdf](https://www.tatneft.ru/storage/block_editor/files/c0d752b9bfc5bca4dfc614855e13f8058d8ebde.pdf) (date of access 25.03.2020).
5. **Fedosov A. V., Vadulina N. V., Shabanova V. V., Abdrahmanova K. N.** Osobennosti organizatsii promyshlennoj bezopasnosti i ohrany truda na predpriyatiyah neftegazovoj otrasli. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov*. 2017. No. 4 (110). P. 193—201.
6. **Ejdemiller Yu. N., Fedosov A. V., Ibraeva V. A.** Analiz uslovij truda rabotnikov neftedobyvayushchih predpriyatij, zanyatyh na rabotah v "osobyh" klimaticheskikh regionah. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2017. No. 11 (203). P. 49—56.
7. **Asylgareeva Yu. A., Enikeeva T. M., Fedosov A. V.** Professional'nye zabolevaniya na neftepererabatyvayushchem zavode. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal Neftegazovoe delo*. 2018. No. 3. P. 98—109. URL: <http://ogbus.ru> (date of access 25.03.2020).
8. **Abdrakhmanova K. N., Fedosov A. V., Idrisova K. R., Abdrakhmanov N. Kh., Valeeva R. R.** Eview of modern software complexes and digital twin concept for forecasting emergency situations in oil and gas industry. *V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. 2020. P. 32078.
9. **Pravila bezopasnosti v neftyanoy i gazovoy promyshlennosti: feder. normy i pravila v obl. prom.bezopasnosti. Seriya 08.** Vypusk 19. Moscow: ZAO NTC PB, 2013. 288 p.
10. **Gimranova G. G., Bakirov A. B.** Osobennosti professional'noj zaboлеваemosti rabotnikov neftedobyvayushchej otrasli. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal "Neft' i Zhizn"*. 2019. No. 10. P. 156—160. URL: <https://moluch.ru/archive/120/> (date of access 25.03.2020).
11. **Shamsiahmetova G. I.** Professional'nye zabolevaniya na predpriyatiyah neftyanoy promyshlennost. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal "Molodoj uchenyj"*. 2019. No. 16. P. 460—463. URL: <https://moluch.ru/archive/120/> (date of access 25.03.2020).
12. **Prikaz** Mintruda Rossii (Ministerstvo truda i social'noj zashchity RF) ot 19 avgusta 2016 g. № 438N "Ob utverzhdenii tipovogo Polozheniya O Sisteme upravleniya ohranoj truda".
13. **GOST 12.0.230.1—2015** Sistema standartov bezopasnosti truda. Sistemy upravleniya ohranoj truda.
14. **ISO 14001—2016** "Sistemy ekologicheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniyu".
15. **Orlov O. I., Perevedencev O. V., Mamonova E. Yu., Levanov V. M.** Metod avtomatizirovannogo kompleksnogo analiza sostoyaniya zdorov'ya i medicinskogo obespecheniya v ekstremal'nyh usloviyah proizvodstvennoj deyatel'nosti. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal "Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina"*. 2018. Vol. 51. No. 4. P. 41—45.
16. **Gallyamova E. I., Enikeeva T. M., Abdrahmanov N. H.** Motivatsiya rabotnikov k soblyudeniyu tekhniki bezopasnosti. *NTZH "Ekspertiza promyshlennoj bezopasnosti i diagnostika opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov"*. Ufa: izd-vo UGNTU. 2016. Vol. 7. No 1. P. 52—55.
17. **Vadulina N. V., Abdrahmanov N. Kh., Fedosov A. V., Savicheva Yu. N., Khlopina I. D.** Ergonomics of the workplace in the lean production system. *V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. 2020. P. 42040.
18. **Nazarova T. Yu., Petickaya Yu. Yu., Vadulina N. V., Fedosov A. V.** Vliyanie kachestva provedeniya periodicheskikh medicinskih osmotrov na uroven' vyyavleniya professional'nyh zabolevanij. *V sb.: Ekspertiza promyshlennoj bezopasnosti i diagnostika opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2018. P. 120—124.
19. **Oficial'nyj sayt** OOO "Gazprom transgaz Surgut". *Elektronnyj resurs*. URL: <http://old.gazpromspartakiada.ru/index.php?id=785> (date of access 14.04.2020).

## Информация

### Interpolitex/Интерполитех 2021

25-я Международная выставка средств обеспечения безопасности государства

Даты проведения: 19.10.2021—22.10.2021 гг.

Место проведения: Выставка достижений народного хозяйства (ВДНХ) (Москва, Россия)

Тематические разделы выставки

- Международная выставка полицейской и военной техники
- Международный военно-технический салон
- Специализированная выставка технических средств охраны и обеспечения безопасности границы «Граница»
- Специализированная экспозиция "Системы охраны, безопасности и противопожарной защиты"

<https://www.interpolitex.ru/>



УДК 622.2; 4:87; 613.64

**А. И. Фомин**, д-р техн. наук, вед. науч. сотр., НЦ ВостНИИ, проф.,  
e-mail: ncvestnii@yandex.ru, Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, Кемерово, **Л. А. Шевченко**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
e-mail: aotr2012@yandex.ru, Кузбасский государственный технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, Кемерово, **Т. В. Грунско́й**, канд. техн. наук, доц. кафедры,  
e-mail: uxtacity@yandex.ru, Ухтинский государственный технический университет

## Улучшение температурного режима на рабочих местах в условиях термошахтной добычи высоковязкой нефти Ярегского месторождения

*Обоснована необходимость разработки месторождений трудно извлекаемых запасов тяжелой высоковязкой нефти. Показано, что применяемая технология добычи высоковязкой нефти не позволяет создать на рабочих местах здоровые и безопасные условия труда. Воздействие вредных и опасных факторов рабочей среды и трудового процесса приводят к увеличению профессионального риска, росту уровня профессиональной заболеваемости и производственного травматизма.*

*Приведены статистические данные о профессиональных заболеваниях в Республике Коми и добывающих отраслях. Показано, что существующие способы добычи высоковязкой нефти Ярегского месторождения термошахтным методом не обеспечивают нормативных микроклиматических параметров в горных выработках, а это повышает риск развития профессиональных заболеваний и травматизма.*

*Для оздоровления условий труда на рабочих местах работников подземной группы на основе проведенных расчетов и моделирования предложен новый подход к вскрытию месторождения тяжелой нефти и изменению схемы проветривания нефтесоблюдающих шахт — строительство модульных шахт, позволяющих нормализовать температурный режим, снизить эксплуатационные затраты, уровень травматизма и профессиональной заболеваемости.*

**Ключевые слова:** *тяжелая высоковязкая нефть, Ярегское месторождение, температурный режим, риск, профессиональные заболевания, модульные нефтяные шахты*

В настоящее время в связи с возрастающей потребностью в энергоресурсах и истощением традиционных запасов углеводородов разработка месторождений высоковязкой нефти и природных битумов с каждым годом становится все более актуальной научной задачей [1]. Поскольку такие углеводороды не могут быть извлечены из недр традиционными способами, необходимы новые научно обоснованные решения по определению эффективной системы добычи с учетом безопасности для персонала.

Запасы тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов разведаны более чем на 1600 месторождениях, из которых наиболее известно уникальное Ярегское, находящееся на территории Республики Коми. Это месторождение — одно из старейших в стране, открыто в 1932 г. в 25 км от г. Ухты, где сосредоточена пятая часть запасов тяжелой нефти России.

На Ярегском месторождении впервые в мировой практике добыча высоковязкой нефти осуществляется подземным термошахтным способом (парогравитационный дренаж), для чего спроектированы, построены и эксплуатируются три нефтесоблюдающие шахты. Неглубокое залегание (200...220 м), низкое пластовое давление (1,3 МПа) и отсутствие попутного газа способствуют такому способу разработки месторождения. Плотность добываемой тяжелой нефти составляет 0,91...0,94 г/см<sup>3</sup> при очень высокой вязкости — до 16 000 мПа·с.

Продуктивный пласт расположен на фундаменте метаморфических сланцев и залегает в кварцевых песчаниках с прослоями аргиллитов и алевролитов. В нижней части пласта находится рудная россыпь, в которой содержатся титановые минералы, в верхней части — нефтяные залежи. Пласт перекрывают аргиллитовые породы

в контакте с диабазами, выше лежит туфобазальтовая толща, над которой залегает аргиллитовый слой, далее известковые породы и аргиллитоподобные глины [2].

Ценность ярегской нефти при специальных способах переработки заключается в многообразии получаемых продуктов (дорожные битумы, хрупкие и лаковые битумы, трансформаторные, белые технические и медицинские масла, арктическое дизтопливо, низко застывающие газойли, мазуты и др.) [3].

Кроме тяжелой нефти Ярегское месторождение богато запасами титана (49 % от запасов титана в РФ), циркония, золота, редких земель, бериллия и других элементов, содержащихся в печатниках [4].

Объемы добычи тяжелой нефти термощахтным способом ежегодно растут. Так, если в 2017 г. было добыто 1,0 млн т, в 2018 г. — 1,6 млн т, то к 2021 г. планировалось увеличить объемы добычи до 3 млн т. В то же время освоение запасов тяжелой нефти ограничивается в силу отсутствия современных, продуктивных и рациональных технологий ее добычи.

Технология парогравитационного дренажа, основанная на тепловом воздействии через скважины на рабочий пласт высоковязкой нефти, который разогревается, текучесть нефти увеличивается, после чего она выкачивается с нижнего, добычного горизонта на поверхность. В качестве теплоносителя закачивается насыщенный водяной пар при температуре 200 °С с добавлением поверхностно-активных веществ и щелочей, который конденсируется в пласте. В результате добывается нефтяная эмульсия [5].

Для освоения площади Ярегского месторождения в качестве основных способов термощахтной разработки используются двухгоризонтная и подземно-поверхностная системы. В этих системах необходимо строительство полевых штреков к добычным уклонам для подачи свежего воздуха к добычным блокам.

При двухгоризонтном способе добычи тяжелой нефти пар подается через кусты вертикальных и наклонных нагнетательных скважин, пробуренных из полевых штреков, пройденных выше кровли продуктивного пласта на 10...30 м. При этом пласт прогревается более чем на 100 °С. Отбор нефтяной эмульсии производится через полого восходящие добывающие скважины длиной 300 м, пробуренные из расположенной в продуктивном пласте добычной галереи [6].

При подземно-поверхностной системе термощахтной разработки теплоноситель закачивается

через сетку вертикальных нагнетательных скважин, расположенных через 50...60 м по периметру добычного участка, пробуренных с поверхности на расстоянии 200...250 м по контуру добычного блока, к которому в последующем и перемещается тепловой фронт. Кроме этого, из добычного блока бурятся дополнительные скважины для более равномерного распределения пара в пласте и увеличения зоны теплового воздействия, которые пересекают вертикальные нагнетательные скважины или проходят через их зоны. Добыча осуществляется, как и при двухгоризонтном способе, через подземные добывающие скважины длиной 800 м, которые пробурены в продуктивном пласте из добычного блока шахты.

При указанных системах разработки Ярегского месторождения нагревается не только сам нефтяной пласт, но и воздух в полевых штреках. Так, согласно [7] при температуре подаваемого воздуха через вентиляционный ствол  $t = 10...12$  °С температура на свежей струе составляет  $t = 20...26$  °С, а на исходящей струе  $t = 26...36$  °С.

Формирование температурного режима в нефтешахтах обусловлено теплоотдачей от нагретых горных пород выработок с температурой 45...60 °С, от разогретой нефтесодержащей жидкости, которая перекачивается по шахтной системе трубопроводов с температурой 100 °С. Значительного снижения температуры этой жидкости не происходит до поступления в нефтеловушку, где отделяется вода, а нефть по трубам подается на первичную обработку.

При обоих способах разработки возможен прорыв закачиваемого пара в полевые штреки, это вносит существенный вклад в повышение температуры воздуха в горных выработках. Все основные выбросы теплоты влияют на повышение температуры в рабочей зоне.

Основным способом для нормализации параметров микроклимата в нефтешахтах является проветривание всасывающим способом с помощью главной вентиляторной установки, которая оборудована двумя вентиляторами серии ВЦД-31,5М. Свежая струя воздуха через подъемный ствол по полевым штрекам через уклоны подается к добычным блокам. Исходящая струя движется по вентиляционным выработкам к вентиляционному стволу.

Для полной или частичной изоляции вентиляционного потока воздуха в полевых штреках и перераспределения основной струи в добычный блок применяются вентиляционные двери, образующие вентиляционные шлюзы. Также в уклонном



блоке имеются вентиляционные сбойки, расположенные между откаточным и вентиляционным штреками на расстоянии 150...200 м. Эти выработки для уменьшения утечек воздуха также оборудуются вентиляционными шлюзами.

Для поддержания заданной температуры свежего воздуха 10...12 °С в холодный период года используются калориферные установки. Для проветривания добычных блоков, тупиковых выработок применяются вентиляторы местного проветривания ВМП-4, ВМП-6М, которые работают на нагнетание и присоединяются переходными патрубками к гибким воздуховодам типа М, МУ, ТН и др.

Дальнейшая разработка Ярегского месторождения с использованием двухгоризонтной и подземно-поверхностной системы разработки потребует строительства полевых штреков большей протяженности. Одним из важнейших сдерживающих факторов данной технологии ведения горных работ является повышенная температура.

В настоящее время обострились проблемы с тепловым режимом в нефтешахтах в связи с удалением новых добычных блоков от воздухоподающих стволов. Для обеспечения допустимого температурного режима необходимо будет увеличивать подачу свежего воздуха, что приведет к росту потерь тепла, закачиваемого в пласт, снизит тепловую эффективность процесса и повысит затраты.

Впрочем, согласно п. 39 Правил [8] на рабочих местах в нефтешахтах допускается температура воздуха до 36 °С, максимальная температура воздуха в полевых штреках без присутствия работников 49 °С, влажность воздуха  $\varphi = 13,2...85,8$  %. Но такие параметры приводят к увеличению тепловой нагрузки на систему терморегуляции работающих под землей.

Разработка Ярегского нефтеносного поля ведется несколькими добычными блоками, для проветривания которых используются подъемный и вентиляционный стволы. Вследствие этого температура входящей струи для добычных блоков, расположенных дальше от воздухоподающего ствола, существенно выше, чем для уклонных добычных блоков, расположенных у начала свежей струи, что подтверждается фактическими измеренными показателями температуры воздуха на рабочих местах:

— в первом термошахтном блоке на свежей струе воздуха  $t = 18$  °С; на исходящей струе  $t = 27$  °С;

— во втором термошахтном блоке на свежей струе воздуха  $t = 20$  °С; на исходящей струе  $t = 27$  °С;

— в третьем термошахтном блоке на свежей струе воздуха  $t = 23$  °С; на исходящей струе  $t = 31$  °С;

— в четвертом термошахтном блоке на свежей струе воздуха  $t = 25$  °С; на исходящей струе  $t = 33$  °С;

— в последнем термошахтном блоке на свежей струе воздуха  $t = 26$  °С; на исходящей струе  $t = 36$  °С.

В связи с этим представляется целесообразной подача свежей струи в каждый уклон в отдельности.

Анализ случаев производственного травматизма в период с 2000 по 2018 г. в нефтешахтах позволил выявить, что из 17 несчастных случаев, в результате которых пострадали 19 человек, причиной пяти (29 %) несчастных случаев явилось воздействие экстремальных температур. Риск производственного травматизма для подземного персонала нефтешахт составляет  $3,45 \cdot 10^{-3}$ , что соответствует высокому уровню риска [9].

Как отмечено выше, воздействие нагревающего микроклимата способствует накоплению избыточной теплоты в организме работников подземной группы, что негативно отражается на работе центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, является причиной ухудшения самочувствия, снижения внимания и работоспособности, может послужить причиной несчастного случая, включая летальный исход, способствует развитию профессиональных заболеваний, так как нагревающий микроклимат оказывает сочетанное воздействие вредных и опасных производственных факторов, снижает устойчивость организма к отрицательному воздействию других факторов рабочей среды и трудового процесса.

Проведенный анализ условий труда в нефтешахтах показал, что 82 % рабочих мест отнесены к классу 3 (вредные), с преобладанием подклассов 3.1 (45 %) и 3.3 (33 %), что соответствует высокому профессиональному риску [10].

В 2018 г. в г. Ухта установлено 26 случаев профессиональных заболеваний, 24 из которых зарегистрированы у работников нефтешахт [11]. Особые условия труда, характерные для термошахтного способа добычи нефти, формируют высокий уровень риска получения профессиональных заболеваний. В период с 2000 по 2018 г. установлено 203 случая профессиональных заболеваний у 143 работников нефтешахт, 108 случаев (53,20 %) из которых приходится на вибрационную болезнь верхних конечностей; 83 случая (40,89 %) — на хроническую



пояснично-крестцовую радикулопатию; 11 случаев (5,42 %) — на хроническую нейросенсорную тугоухость и один случай (0,49 %) на рефлекторный миотонический синдром. Проведенная оценка получения профзаболевания показала высокий риск для всех подземных работников нефтешахт, среднее значение которого составляет  $2,24 \cdot 10^{-3}$  [12—14].

Причины роста числа профессиональных заболеваний связаны с наращиванием объемов добычи нефти известными способами, что предполагает разработку новых шахтных площадей путем увеличения проходки шахтных выработок и объемов закачки пара в пласт.

Все известные технические решения нормализации параметров микроклимата на рабочих местах не дали эффективных результатов для нефтяных шахт [15]. В связи с этим предлагается рассмотреть вариант замены протяженных и травмоопасных нефтешахт модульными шахтами. Этот способ рекомендуется использовать для обратной отработки Северной части площади Ярегского месторождения — от стволов, расположенных в центре месторождения, к границам шахтного поля.

*Модульная шахта* — это система подземных горных выработок малой протяженности, расположенных вблизи шахтных стволов (не далее 150 м) и включающих в себя системы добычи, водоотлива, вентиляции и др. Все эти выработки представляют собой добычный блок, причем для каждого блока предполагается строительство отдельных стволов, подъемного и вентиляционного. Связанные с этим капитальные вложения окупятся за счет более высокого коэффициента извлекаемости запасов и значительного сокращения расходов по проведению горных выработок.

Пример использования термощахтного метода при поверхностно-подземном способе добычи представлен на рис. 1 (см. 3-ю стр. обложки). Пар 14 через вертикальную нагнетательную скважину 12 (бурится с поверхности) и систему парораспределительных скважин 13 (бурятся с добычного блока) подается в продуктивный пласт 5 и распределяется по нефтяной залежи за счет выполнения перфорации в продуктивном пласте.

Разогретая нефтяная эмульсия 10 поступает в буровую галерею 7 по добычным скважинам 9. Размер участка нефтяного поля в одном из направлений разработки продуктивного пласта будет ограничиваться длиной добычных скважин 9, достигающей 800 м, что позволяет вести отработку каждого участка одним добычным блоком в нескольких направлениях.

При использовании технологии модульных шахт исключены прорывы пара в горные выработки (нет полевых штреков), т. е. вся тепловая энергия идет на прогрев пласта и повышение образования нефтяной эмульсии.

Предлагаемый вариант разработки месторождения высоковязкой нефти улучшит ситуацию с проветриванием горных выработок и с безопасностью ведения технологических процессов и позволит нормализовать температурный режим горных выработок за счет расположения подъемного 2 и вентиляционного 1 стволов непосредственно в добычном блоке с буровой галерей 7 и нефтесборниками (см. далее рис. 2).

Температурный режим модульной шахты будет определяться применением всасывающего способа проветривания с подачей свежей струи воздуха температурой 10...12 °С через подъемный ствол 2 непосредственно в добычный блок. Буровая галерея 7 будет располагаться за вентиляционными дверями 11, а прошедший горные выработки воздух — удаляться через вентиляционный ствол 1.

Использование модульных шахт для дальнейшей разработки Ярегского месторождения позволит:

- уменьшить до минимального расстояние от воздухоподающих стволов до добычных блоков и тем самым обеспечить подачу свежей струи воздуха в добычный блок температурой 10...12 °С;
- снизить эксплуатационные затраты, связанные с проветриванием, изменением шахтной инфраструктуры, ее обслуживанием, перекреплением горных выработок и т. д.;
- отказаться от полевых штреков и тем самым исключить связанные с их наличием потери;
- предотвратить выбросы пара в рабочие зоны;
- добиться температуры воздуха на рабочих местах 18...20 °С;
- повысить коэффициент извлекаемости нефти с 50 % при существующих способах разработки примерно до 58 % за счет ведения работ в разных направлениях.

Разработка площади Ярегского месторождения с использованием модульных шахт предусматривает строительство добычных блоков (рис. 2) с четырьмя нефтесборниками (объемом 633 м<sup>3</sup> каждый) и восемью зумпфами. Размещенные крестообразно соединительные выработки 1 и 2 (протяженностью соответственно 111 и 110 м) будут связывать буровую галерею с подъемным и вентиляционным стволами.

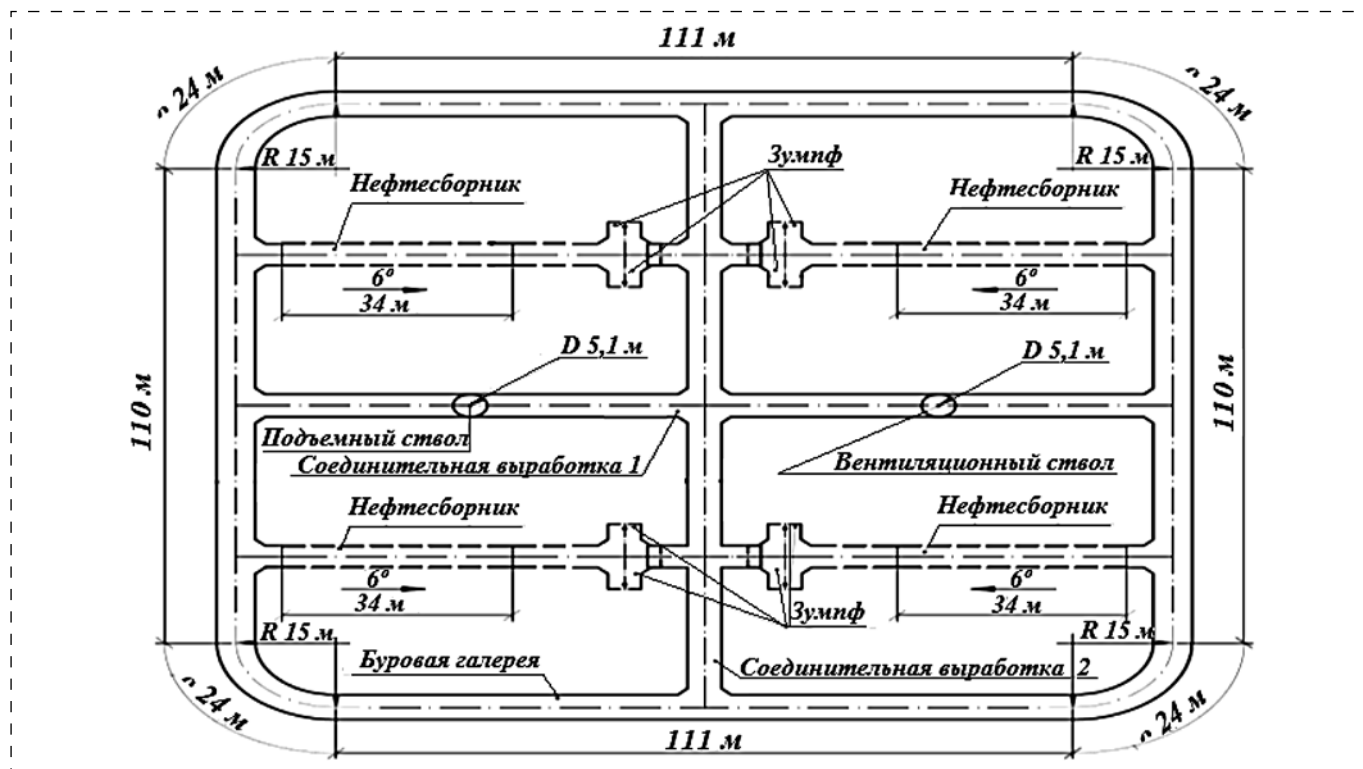


Рис. 2. Схема добычного блока модульной шахты

Проведение математического моделирования модульной шахты и расчета основных параметров проветривания [16, 17] с построением схемы и аэродинамических характеристик вентиляционного оборудования и вентилятора позволило получить значения суммарного расхода воздуха, необходимого для обеспечения проветривания  $Q = 74,4 \text{ м}^3/\text{с}$ , производительности главной вентиляционной установки (ГВУ)  $Q = 78,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , с давлением воздуха  $H = 480 \text{ Па}$ . Схема проветривания модульной шахты (направление движения воздушных потоков) представлена на рис. 3 (см. 3-ю стр. обложки).

Согласно полученным характеристикам предлагается к использованию реверсивный осевой вентилятор серии ВО20/12АР. Свежий воздух в модульную шахту поступает по подъемному стволу в добычный блок, удаляется через вентиляционный ствол. По соединительным выработкам свежая струя воздуха расходится по добычному блоку. Предполагается устройство вентиляционных дверей, в том числе расположенных в соединительной выработке перед нефтесборниками, что позволит не только регулировать воздушный поток свежей струи, но и предотвратить от попадания в шахтную атмосферу газообразных углеводородов.

## Выводы

Строительство модульных шахт с двумя вертикальными стволами (подъемным и вентиляционным) является рациональным вариантом вскрытия и отработки новых шахтных полей Северной части площади Ярегского месторождения высоковязкой нефти.

Предлагаемый вариант позволит уменьшить расстояния от воздухоподающих стволов до добычного блока; сохранить температуру свежей струи воздуха; обеспечить каждый добычный блок вентиляционным и подъемным стволом; предотвратить прорыв пара в горные выработки и их прогрев. За счет этого улучшится температурный режим в горных выработках, снизится уровень профессиональных рисков и профессиональной заболеваемости работников.

## Список литературы

1. Фомин А. И., Грунсков Т. В. Поиск эффективных решений разработки месторождений высоковязкой нефти и битумов // Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 7. — С. 20—25. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-7-20-25.
2. Калинина А. А., Калинин Е. П. Геолого-экономическая оценка комплексного использования Ярегской тяжелой нефти // Известия Коми научного центра Уро РАН. — 2013. — № 3. — С. 110—117.

3. **Обоснование** инвестиций в комплексное освоение Ярегского нефтетитанового месторождения. С.-Петербург, Москва, 2000.
4. **Висалиев М. Я., Шпирт М. Я., Кадиев Х. М.** Комплексная переработка тяжелых высоковязких нефтей и нефтяных остатков с извлечением ванадия, никеля и молибдена // Химия твердого тела. — 2012. — № 2. — С. 32–39.
5. **Климова И. В.** Анализ химического фактора при добыче нефти шахтным способом // Norwegian Journal of Development of the International Science. — 2016. — № 17. — С. 131–133.
6. **Коноплев Ю. П., Питиримов В. В., Табаков В. П. Тюнькина Б. А.** Термошахтная разработка месторождений с тяжелыми нефтями и природными битумами (на примере Ярегского нефтяного месторождения) // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — № 3. — С. 246–253.
7. **Фомин А. И., Грунско́й Т. В.** Улучшение условий труда шахтеров-нефтяников при переходе от термошахтного способа добычи высоковязкой нефти на модульно-шахтный способ разработки Ярегского месторождения // Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 12. — С. 58–65. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-12-58-65
8. **Правила промышленной безопасности** при разработке нефтяных месторождений шахтным способом: Утв. и введены в действие Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2016 № 501.
9. **Бердник А. Г., Грунско́й Т. В., Мартынцева А. С.** Аналитическая оценка несчастных случаев при термошахтной добыче высоковязкой нефти // Технологии нефти и газа. — 2018. — № 3. — С. 60–64.
10. **Грунско́й Т. В., Перхуткин В. П., Бердник А. Г.** Аналитический обзор условий труда подземного персонала нефтяных шахт Ярегского месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — 2017. — Т. 16. — № 4. — С. 378–390.
11. **Государственный доклад** "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по республике Коми в 2018 году / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми. — Сыктывкар, 2019. — 147 с.
12. **Бердник А. Г., Грунско́й Т. В., Бердник М. М.** Гигиеническая оценка риска развития профзаболеваний у работников, занятых термошахтной добычей нефти // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — 2018. — Т. 18. — № 1. — С. 85–100.
13. **Фомин А. И., Грунско́й Т. В.** Комплексная оценка профессиональных рисков работников подземной группы при добыче нефти термошахтным способом // Безопасность труда в промышленности. — 2019. — № 3 — С. 81–86.
14. **Фомин А. И., Грунско́й Т. В.** Особенности формирования профессиональных заболеваний работников при разработке месторождений тяжелой нефти подземным способом // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. — 2019. — № 1 — С. 35–41.
15. **Николаев А. В.** Способ раздельного проветривания уклонных блоков и подземных горных выработок нефтяной шахты // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — 2016. — Т. 15. — № 2. — С. 293–300.
16. **Нормативные требования** по применению способов и схем проветривания угольных шахт. Утв. и введены в действие Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31.05.2011 № 262.
17. **ГОСТ Р 57718—2017** Горное дело. Вентиляция рудничная. Термины и определения: Утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2017 № 1246-ст.

**A. I. Fomin**, Leading Researcher, e-mail: ncvostnii@yandex.ru, Joint-stock company "Scientific and technical center Eastern Research Institute", Professor, Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev, Kemerovo,

**L. A. Shevchenko**, Head of Department, e-mail: aotp2012@yandex.ru, Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev, Kemerovo,

**T. V. Grunskoy**, Associate Professor, e-mail: uxtacity@yandex.ru, Ukhta State Technical University, Komi Republic

## **Improving the Temperature Regime at Workplaces in the Conditions of Thermal Mining of High-Viscosity Oil from the Yarega Field**

*The paper substantiates the need to develop hard-to-recover reserves of heavy high-viscosity oil. The technology used for the extraction of high-viscosity oil does not allow creating healthy and safe working conditions at workplaces. Exposure to harmful and dangerous factors of the working environment and the labor process leads to an increase in occupational risk, an increase in the level of occupational morbidity and industrial injuries.*

*Statistical data on occupational diseases in the Komi Republic and extractive industries are presented. The existing methods of extracting high-viscosity oil from the Yaregskoye field by the thermal mining method do not provide standard microclimatic parameters in mine workings, which leads to a decrease in labor productivity,*



the risk of developing production-related and occupational diseases, and injuries.

To improve working conditions at the workplaces of underground workers, on the basis of the calculations and modeling, a new approach to the opening of a heavy oil field and changing the ventilation scheme of oil mines was proposed — the construction of modular mines that allow to normalize the temperature regime, reduce operating costs, the level of injuries and occupational morbidity.

**Keywords:** heavy oil, Yaregskoye field, temperature regime, risk, occupational diseases, modular oil mines

## References

1. **Fomin A. I., Grunskoy T. V.** Search for effective solutions for the development of high-viscosity oil and bitumen deposits. *Labor safety in industry*. 2020. No. 7. P. 20–25. DOI: 10.24000 / 0409-2961-2020-7-20-25
2. **Kalinina A. A., Kalinin E. P.** Geological and economic assessment of the complex use of Yarega heavy oil. *Izvestiya of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2013. No. 3. P. 110–117.
3. **Justification** of investments in the integrated development of the Yarega oil-titanium field. Saint-Petersburg, Moscow, 2000.
4. **Visaliev M. Ya., Shpirt M. Ya., Kadiev Kh. M.** Complex processing of heavy high-viscosity oils and oil residues with the extraction of vanadium, nickel and molybdenum. *Solid State Chemistry*. 2012. No. 2. P. 32–39.
5. **Klimova I. V.** Analysis of the chemical factor in oil extraction by the mine method. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2016. No. 17. P. 131–133.
6. **Konoplev Yu. P., Pitirimov V. V., Tabakov V. P., Tyunkina B. A.** Thermal mining of fields with heavy oils and natural bitumen (on the example of the Yarega oil field). *Mining information and analytical bulletin*. 2005. No. 3. P. 246–253.
7. **Fomin A. I., Grunskoy T. V.** Improving the working conditions of oil miners during the transition from the thermal mining method of high-viscosity oil production to the modular-mine method of developing the Yaregskoye field. *Labor Safety in Industry*. 2020. No. 12. P. 58–65. DOI: 10.24000 / 0409-2961-2020-12-58-65
8. **Rules** of industrial safety in the development of oil fields by the mine method [Electronic resource]: approved, and put into effect by the Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision of November 28, 2016 No. 501.
9. **Berdnik A. G., Grunskoy T. V., Martyntseva A. S.** Analytical assessment of accidents during thermal mining of high-viscosity oil. *Oil and Gas Technologies*. 2018. No. 3. P. 60–64.
10. **Grunskoy T. V., Perkhutkin V. P., Berdnik A. G.** An analytical review of the working conditions of underground personnel of the oil mines of the Yarega field. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining*. 2017. Vol. 16. No. 4. P. 378–390.
11. **State report** "On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in the Komi Republic in 2018" / Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Komi Republic. Syktyvkar, 2019. 147 p.
12. **Berdnik A. G., Grunskoy T. V., Berdnik M. M.** Hygienic assessment of the risk of developing occupational diseases in workers engaged in thermal mining of oil. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining*. 2018. Vol. 18. No. 1. P. 85–100.
13. **Fomin A. I., Grunskoy T. V.** Comprehensive assessment of occupational risks of underground workers during oil production by thermal mining method. *Labor safety in industry*. 2019. No. 3. P. 81–86.
14. **Fomin A. I., Grunskoy T. V.** Features of the formation of occupational diseases of workers in the development of heavy oil fields by underground method. *Bulletin of the Scientific Center for Work Safety in the Coal Industry*. 2019. No. 1. P. 35–41.
15. **Nikolaev A. V.** Method of separate ventilation of sloped blocks and underground mine workings of an oil mine. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining*. 2016. Vol. 15. No. 2. P. 293–300.
16. **Regulatory requirements** for the use of methods and schemes for the ventilation of coal mines. Approved and put into effect by the Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision of 05/31/2011 No. 262.
17. **GOST R 57718—2017** Mining. Mine ventilation. Terms and definitions. Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 26.09.2017 No. 1246-st.

УДК 331.45:613.6.027

**К. А. Черный**, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой, e-mail: chernyy\_k@mail.ru,  
**Е. Л. Белокрылова**, асп., e-mail: ilinykh25@gmail.com, Пермский национальный  
исследовательский политехнический университет

## Методика оценки профессионального риска здоровью работников при воздействии производственного шума

*Развит известнй подход к оценке профессиональных рисков здоровью при воздействии шума путем вычисления индекса профессионального заболевания (ИПЗ). Разработаны правила оценивания и критерии ранжирования двух атрибутов ИПЗ — категорий риска и категорий тяжести профзаболевания. Категорию риска предложено определять исходя из апостериорных вероятностей (частот) выявления ранних признаков профессиональной сенсоневральной тугоухости. Категорию тяжести профзаболевания предложено оценивать на основе величины степени снижения слуха, соотнесенной с гармонизированной классификацией тугоухости. Для вычисления категорий риска и категорий тяжести профзаболевания использованы международные статистические данные, приведенные в стандарте ГОСТ Р ИСО 1999—2017, приняты во внимание пол и возраст работника, а также стаж его работы в условиях шумных производств.*

*Реализация предложенной методики оценки профессионального риска здоровью работников при воздействии производственного шума на основе вычисления ИПЗ по предложенным критериям позволяет выявить группы работников с повышенным риском развития профессиональных заболеваний органов слуха. Принятие заблаговременных мер в отношении такой группы риска позволит работодателю поддержать и сохранить здоровье входящих в группу работников.*

**Ключевые слова:** условия труда, здоровье работников, профессиональный риск здоровью, воздействие шума, потеря слуха от воздействия шума, производственный шум

### Введение

Закрепленное нормативными документами [1—3] понятие профессионального риска оперирует с двумя атрибутами риска, а именно вероятностью воздействия на работника вредных и (или) опасных производственных факторов при выполнении им трудовых функций и тяжестью последствий такого воздействия, выражаемого через угрозы жизни и здоровью. Таким образом, все профессиональные риски в зависимости от вида рассматриваемых последствий реализации опасностей можно подразделить на риски получения производственной травмы при несчастном случае на производстве; риски возникновения профессионального заболевания в результате воздействия вредных и (или) опасных факторов производственной среды.

Последние согласно Руководству Р 2.2.1766—03 [4] именуются профессиональными рисками здоровью работников (далее — ПРЗ), а его оценка основана на расчете индекса профессионального заболевания (далее — ИПЗ), который представляет собой комплементарное совмещение систем

оценок через обратную величину произведения категории риска и категории тяжести профзаболевания. Следует отметить, что единственный рекомендательный документ по оценке ПРЗ [4], содержащий признанный подход к гигиенической оценке ПРЗ, закрепляет лишь общие положения об оценке ПРЗ без детального рассмотрения методик ее проведения для всего разнообразия воздействующих на работников опасных и (или) вредных производственных факторов на различных рабочих местах. Последнее безусловно влияет на единообразие проведения и адекватность результатов оценки ПРЗ при воздействии того или иного конкретного вредного и (или) опасного производственного фактора.

Во многих отраслях экономики шум является превалирующим производственным фактором, оказывающим негативное влияние на здоровье работников, приводящим к профессиональным заболеваниям, что впоследствии сказывается на производительности и качестве труда [5—11]. Производственное шумовое воздействие является одной из важнейших проблем гигиены труда. Для пяти основных видов экономической



деятельности (добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, транспорт и связь, строительство) из всего ряда нарушений гигиенических норм на рабочих местах каждое 10-е нарушение связано с превышением уровня шума, а каждое 5-е профзаболевание вызвано его негативным влиянием [12]. Актуальность проблемы оценки ПРЗ при воздействии шума усугубляется и значительным количеством работников различных отраслей экономики, занятых в условиях шумового воздействия.

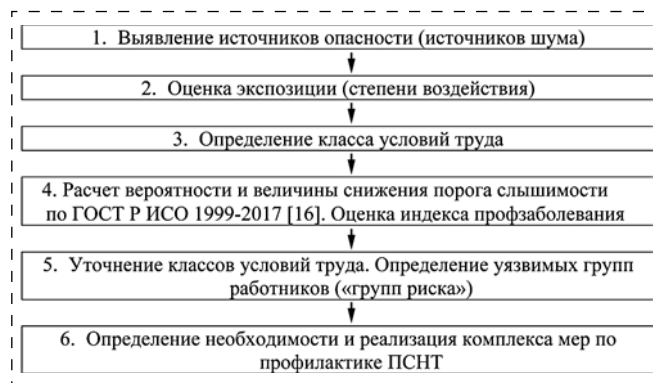
При проведении оценки ПРЗ при воздействии шума следует учитывать в качестве последствий такого воздействия различные степени тяжести возможной потери слуха. Согласно исследованиям [13] установлена взаимосвязь между интенсивностью и продолжительностью шумового воздействия. Риск потери слуха при десятилетней продолжительности воздействия шума составляет 10 % при уровне 90 дБА, 29 % — при 100 дБА и 55 % — при 110 дБА. В результате воздействия шума высокой интенсивности одновременно возникают изменения в сердечно-сосудистой, нейроэндокринной и иммунной системах. Производственный шум высоких уровней приводит к расстройству слуха, которое постепенно развивается в профессиональную сенсоневральную тугоухость (далее — ПСНТ). Кроме того, воздействие шума на рабочем месте влияет не только на здоровье работника, но и приводит к снижению безопасности при выполнении работы [14, 15].

Представленные выше рассуждения подчеркнули актуальность и определили цель настоящей работы — представить научно обоснованную методику оценки ПРЗ при воздействии шума, которая может быть использована организациями различных отраслей экономики. Такой подход согласуется с Типовым положением [3], согласно которому организации могут самостоятельно выбирать для использования методы оценки рисков с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций.

### Методы исследования и описание методики

Предлагаемый подход к оценке ПРЗ при воздействии шума представляет собой осуществление логической цепочки действий, представленных на рисунке.

Представленная методика оценки ПРЗ при воздействии шума базируется на количественной оценке степени риска ущерба для здоровья работников путем расчета удобного одночислового



### Этапы оценки и управления ПРЗ при воздействии шума

показателя — интегрального индекса профзаболеваний  $I_{ПЗ}$  [4], который представляет собой комплементарное совмещение систем оценок через обратную величину их произведения в виде:

$$I_{ПЗ} = 1/(K_p \cdot K_t), \quad (1)$$

где  $K_p$  — категория риска;  $K_t$  — категория тяжести.

Стоит отметить, что само руководство Р 2.2.1766—03 [4] не содержит никаких сведений и информации о том, каким образом конкретно вычисляются значения категории риска  $K_p$  и категории тяжести  $K_t$ . Все это требует взвешенного научно обоснованного подхода к оценке ПРЗ при воздействии шума. Для вычисления индекса профессиональных заболеваний  $I_{ПЗ}$  необходимо определить правила оценивания и (или) критерии ранжирования категории риска  $K_p$  и категории тяжести профзаболевания  $K_t$ .

Для оценивания категории риска  $K_p$  примем подход, изложенный в работе [17], согласно которому  $K_p$  определяется по апостериорным вероятностям (частотам) выявления ранних признаков ПСНТ (с градациями по выявленным случаям профзаболевания и ранним признакам его субклинических форм). Таким образом, категория риска  $K_p$  будет принимать значение, равное 1, если вероятность (частота) выявления профессионального заболевания более 30 %; значение  $K_p$  будет равно 2, если вероятность (частота) принимает значение в диапазоне 3...30 %; и, наконец, значение  $K_p$  будет равно 3, если вероятность (частота) принимает значение менее 3 %.

Поскольку величина снижения слуха является одним из наиболее адекватных показателей негативного воздействия шума на органы слуха, оценивание категории тяжести профессионального заболевания  $K_t$  предлагается проводить на основе категорирования степеней снижения слуха (степень тугоухости). Действительно, оценка степени снижения слуха является одним из определяющих аспектов

при решении клинико-экспертных вопросов связи заболевания органов слуха с профессией, определения дальнейшей профессиональной пригодности и последующих возможных размеров материальной компенсации по профессиональному заболеванию.

Для количественной оценки степени снижения слуха предлагается использовать критерии гармонизированной классификации тугоухости (см. таблицу). Такой подход позволяет осуществлять единые диагностические и экспертные решения при нарушениях слуха.

Представленные в таблице и описанные выше подходы к балльному оцениванию величин  $K_p$  и  $K_r$ , а в конечном итоге величины  $I_{ПЗ}$  согласуются с положениями Руководства Р 2.2.1766—03 [4, табл. 1] и позволяют обоснованно сделать вывод не только относительно допустимости ПРЗ при воздействии шума, но и провести ранжирование приоритетности мер по управлению ПРЗ на основе уточнения классов условий труда по фактору шум. Действительно, согласно предложенным

подходам минимальное значение  $I_{ПЗ}$  составляет величину 0,05, что соотносится со 2-м классом условий труда [4, табл. 1] и является пограничным значением между допустимым и недопустимым уровнем ПРЗ при воздействии шума. Иные возможные комбинации вычисления  $I_{ПЗ}$  на основе предложенных баллов категорирования  $K_p$  и  $K_r$  приводят к числовым значениям  $I_{ПЗ}$ , на основе которых организации могут уточнить класс условий труда и определить приоритетность и срочность реализации мер по управлению ПРЗ.

Для проведения эмпирических расчетов вероятностей снижения степени слуха до конкретной, обозначенной в таблице, величины предлагается использовать положения ГОСТ Р ИСО 1999—2017 [16], согласно которым возможен учет гендерной принадлежности и возраста работника, а также стажа его работы в условиях шумных производств. Детальный порядок расчета вероятностей риска снижения слуха и оценку степени снижения слуха работников излагается ниже.

**Классификация категории тяжести профзаболеваний  $K_r$  (адаптировано согласно Письма Минздрава России [18])**

| Балльное значение категории тяжести $K_r$ | Степень снижения слуха (тугоухости)                | Международная классификация                                        | Российская классификация для работающих в "шумоопасных" производствах |                                                                                              | Медико-социальная экспертиза [19]                            |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                    | Среднее значение слуховых порогов на 500, 1000, 2000, 4000 Гц (дБ) | Среднее значение слуховых порогов на 500, 1000, 2000 Гц (дБ)          | Дополнительно у работников "шумоопасных" производств: слуховой порог на частоте 4000 Гц (дБ) | Среднее значение слуховых порогов на 500, 1000, 2000 Гц (дБ) |
| —                                         | Пресбиакузис                                       | —                                                                  | Средний показатель для мужчин 40...49 лет<br>10                       | —                                                                                            | —                                                            |
| 6                                         | Признаки воздействия шума                          | —                                                                  | 11...15                                                               | 26...40                                                                                      | —                                                            |
| 5                                         | I степень — легкое снижение слуха                  | 26...40                                                            | Стадия А<br>16...25                                                   | Стадия А<br>41...50                                                                          | Незначительные сенсорные нарушения<br>20...40                |
| 4                                         |                                                    |                                                                    | Стадия Б<br>26...40                                                   | Стадия Б<br>51...60                                                                          |                                                              |
| 3                                         | II степень — умеренное снижение слуха              | 41...55                                                            | 41...55                                                               | —                                                                                            | Умеренные сенсорные нарушения<br>41...60                     |
| 2                                         | III степень — значительное снижение слуха          | 56...70                                                            | Более 55                                                              | 65 ± 20                                                                                      | Выраженные сенсорные нарушения<br>61...80                    |
| 1                                         | IV степень — значительно выраженное снижение слуха | 71...90                                                            | —                                                                     |                                                                                              | —                                                            |
| —                                         | Глухота                                            | Более 90                                                           | Более 90                                                              | —                                                                                            | —                                                            |



## Практическое применение методики

Потенциальную потерю слуха вследствие воздействия производственного шума и тяжесть нарушений здоровья работников (степень снижения слуха) предлагается оценивать по величине рассчитанного для конкретных условий воздействия смещения порога слышимости *HTLAN*, связанного с возрастом работника и с воздействием производственного шума. При этом при прогнозировании влияния шума на смещение порога слышимости выделяют и рассчитывают согласно ГОСТ Р ИСО 1999—2017 [16, раздел 6] порог слышимости *HTLA*, связанный с возрастом и полом работников, а также смещение порога слышимости вследствие регулярного воздействия производственного шума *NIPTS*.

Расчет порога слышимости *HTLA* и параметров его статистического распределения (для заданных процентилей) рекомендуется проводить согласно данным раздела 3 ГОСТ Р ИСО 7029—2011 [20].

Для расчета потери слуха (в том числе параметров его статистического распределения для заданных процентилей) в диапазоне аудиометрических частот шумового воздействия используются данные об уровне производственного шума и продолжительности воздействия (в годах). При этом при расчете смещения порога слышимости *NIPTS* не учитываются анатомические различия между представителями разных полов (мужчинами и женщинами), а вероятностная (частотная) оценка потери слуха вследствие воздействия производственного шума проводится на основе международных данных по случайно отобранной группе людей (база данных А согласно ГОСТ Р ИСО 1999—2017 [16]).

Отметим, что при расчетах возможно получение отрицательных значений смещения порога слышимости *NIPTS* (главным образом для процентилей в интервале уровней 55...95 % и продолжительности воздействия шума менее 12 лет, а также для процентилей в интервале уровней 5...45 % и продолжительности воздействия шума менее 1 года). В таких случаях значение *NIPTS* принимается равным нулю.

Хвосты статистических распределений смещения порога слышимости *NIPTS* нарушения слуха вследствие воздействия производственного шума в интервалах процентилей от 0 до 5 % и от 95% до 100 % являются недостоверными и не применяются в дальнейшем для оценки ПРЗ при воздействии шума.

Смещение порога слышимости работника вследствие воздействия шума различного уровня

и продолжительности *HTLAN* является показателем количественной оценки потери слуха и оценивается на стандартных аудиометрических частотах или их комбинации (среднее значение по частотам 500, 1000, 2000 Гц, которые соответствуют основному частотному диапазону разборчивой речи, а также значение на частоте 4000 Гц) [18].

Параметры статистического распределения уровней *HTLA*, *NIPTS* и в конечном счете *HTLAN* рассчитываются для общепринятых процентилей  $Q = 10 \%$ ,  $Q = 50 \%$ ,  $Q = 90 \%$  [16, раздел 6].

Для работников, у которых среднее значение *HTLAN* на частотах 500, 1000 и 2000 Гц не превышает или равно 10 дБ (см. табл., пресбиакузис), или величина *HTLAN* на частоте 4000 Гц не превышает 26 дБ (см. табл., признаки воздействия шума) потеря трудоспособности не прогнозируется, вероятности (частоты) нарушения слуха не рассчитываются.

Для работников, у которых по результатам оценки величины *HTLAN* из-за воздействия шума среднее значение *HTLAN* на частотах 500, 1000 и 2000 Гц превышает или равно 11 дБ (см. табл., признаки воздействия шума), или величина *HTLAN* на частоте 4000 Гц превышает или равно 26 дБ (см. табл., признаки воздействия шума) рассчитывают вероятности (частоты) нарушения слуха вследствие совместного воздействия производственного шума и возрастных причин путем кусочно-линейной аппроксимации величин *HTLAN* для квантилей  $Q = 10 \%$ ,  $Q = 50 \%$ ,  $Q = 90 \%$ , выполненных в гауссовых координатах [16, Приложение С].

Вероятности (частоты) для оценки  $K_p$  определяются для некоторых граничных порогов слышимости, обозначенных для разных категорий  $K_T$  в таблице, превышение которых свидетельствует о возможном нарушении слуха различных степеней. Тем самым прогнозируется вероятность потери трудоспособности по степени снижения слуха (степени тугоухости).

Отметим, что вероятность (частота) нарушения слуха вследствие воздействия шума не должна рассматриваться как числовая константа, поскольку зависит от выбора комбинации частот, граничного порога слышимости и порога слышимости, связанного с возрастом. Более того, для работников с нарушениями слуха вследствие воздействия шума значение *HTLAN* определяется составляющими, связанными как с возрастом, так и с производственным шумом, относительный вклад которых может меняться.



## Заключение и выводы

Предлагаемая в настоящей работе методика оценки ПРЗ при воздействии шума базируется на современных научных знаниях об оценках потери слуха, а также мировых статистических данных распределения порогов слышимости человека, изложенных в международных стандартах.

Предложенное категорирование тяжести профессионального заболевания при воздействии производственного шума, основанное на степени снижения порога слышимости, позволяет в конкретных производственных условиях идентифицировать наиболее чувствительных (уязвимых) к неблагоприятному воздействию шума работников, так сказать определить "группу риска" работников шумных производств.

Отметим, что ПРЗ при воздействии шума, оцененный по представленной методике, категоризируется согласно Руководству Р 2.2.1766—03 [4] как предполагаемый профессиональный риск (категория 1Б), поскольку при его оценке использованы только отдельные физиологические, лабораторные и экспериментальные данные, в том числе эмпирико-статистические данные [16, 20]. Для окончательного категорирования ПРЗ при воздействии шума вплоть до категории доказанный профессиональный риск (категория 1А) [4] следует провести анализ социально значимых показателей здоровья работников — данных периодических медицинских осмотров.

Проведенная в ходе периодических медицинских осмотров аудиометрия на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц при воздушном проведении звука отдельно для обеих ушей позволяет выявить нарушения слуховой функции на самых ранних, начальных стадиях. Принятые вовремя профилактические меры, направленные на снижение риска как потери слуха, так и риска экстраауральных эффектов шума, будут способствовать снижению профессиональной заболеваемости, помогут избежать расходов по возмещению материального ущерба и выплат компенсаций пострадавшим, что в свою очередь будет способствовать росту производительности труда и экономическому росту.

## Список литературы

1. **Федеральный закон** от 30.12.2001 № 197-ФЗ "Трудовой кодекс Российской Федерации".
2. **Федеральный закон** от 24.07.1998 № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний".
3. **Приказ** Минтруда России от 19.08.2015 № 438Н "Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда".
4. **Р 2.2.1766-03**. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.

5. **Фокин В. А.** Оценка риска здоровью работников добывающих отраслей в условиях воздействия шума выше 80 дБА // Медицина труда и промышленная экология. — 2020. — № 60(11). — С. 867—869. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-867-869>.
6. **Мартин С. В., Кудряшов И. Н., Ивашенко М. А.** Практические аспекты оценки профессионального риска от воздействия производственного шума // Медицина труда и промышленная экология. — 2020. — № 60(11). — С. 824—826. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-824-826>.
7. **Базарова Е. Л., Федорук А. А., Рослая Н. А., Ошеров И. С., Бабенко А. Г.** Оценка профессионального риска, связанного с воздействием шума, у работников модернизируемых участков металлургического предприятия // Медицина труда и промышленная экология. — 2019. — № 3. — С. 142—148. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-3-142-148>.
8. **Федосов А. В., Вадулина Н. В., Абдрахманов Н. Х., Даниева И. Р., Валеева Р. Р.** Разработка мероприятий по улучшению условий труда на производстве полиэтилена в ПАО "Уфаоргсинтез" // Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 6. — С. 84—88. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-6-84-88.
9. **Fernández F. V., Pérez M. A. S.** Analysis and modeling of new and emerging occupational risks in the context of advanced manufacturing processes // Procedia Engineering. — 2015. — Vol. 100. — P. 1150—1159. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.478.
10. **Masterson E. A., Themann C. L., Luckhaupt S. E., Calvert G. M.** Hearing difficulty and tinnitus among U. S. workers and non-workers in 2007 // American Journal of Industrial Medicine. — 2016. — Vol. 59. — P. 290—300. DOI: 10.1002/ajim.22565.
11. **Liguori C., Ruggiero A., Russo D., Sommella P., Lundgren J.** Proposal for the automatic evaluation of workers' exposure to acoustic noise following task-based approach // Measurement. — 2021. — Vol. 173. — P. 1—8. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108534>.
12. **Денисов Э. И.** Шум на рабочем месте: ПДУ, оценка риска и прогнозирование потери слуха // Анализ риска здоровью. — 2018. — № 3. — С. 13—23. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.02.
13. **Суворов Г. А., Прокопенко Л. В., Якимова Л. Д.** Шум и здоровье (эколого-гигиенические проблемы). — М.: Союз, 1996. — 150 с.
14. **Денисов Э. И., Аденинская Е. Е., Еремин А. Л., Курьеров Н. Н.** Профессиональная потеря слуха — проблема здоровья и безопасности // Медицина труда и промышленная экология. — 2014. — № 7. — С. 45—47.
15. **Бухтияров И. В., Денисов Э. И., Курьеров Н. Н., Прокопенко Л. В., Булгакова М. В., Хахилева О. О.** Совершенствование критериев потери слуха от шума и оценка профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. — 2018. — № 4. — С. 1—9.
16. **ГОСТ Р ИСО 1999—2017.** Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума.
17. **Гигиена труда: учебник / Под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова.** — М.: Издательская группа "ГЭО-ТАР — Медиа", 2010. — 592 с.
18. **Письмо** Минздрава России от 06.11.2012 № 14-1/10/2-3508 "О направлении Методических рекомендаций "Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной сенсоневральной тугоухости".
19. **Постановление** Минтруда РФ от 18.07.2001 г. № 56 "Об утверждении временных критериев определения степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, формы программы реабилитации пострадавшего в результате несчастного случая на производстве и профессионального заболевания".
20. **ГОСТ Р ИСО 7029—2011.** Акустика. Статистическое распределение порогов слышимости в зависимости от возраста человека.



**K. A. Chernyi**, Head of Department, Associate Professor, e-mail: chernyy\_k@mail.ru,  
**E. L. Belokrylova**, Postgraduate Student, e-mail: ilinykh25@gmail.com, Perm National  
Research Polytechnic University

## Method of Occupational Health Risk Assessment of Workers in Industrial Noise Impact

*A well-known approach to assessment of occupational health risks in industrial noise impact by calculating an occupational disease index has been developed. Rules for assessing and ranking criteria for two occupational disease index components (risk categories and categories of occupational disease severity) have been developed. The risk category is proposed to determine based on the posterior probabilities (frequencies) of detecting early signs of occupational sensorineural hearing loss. The category of occupational disease severity is proposed to evaluate based on the value of the hearing loss degree correlated with the harmonized classification of hearing loss. In order to calculate the risk category and the category of occupational disease severity, the international statistical data according to the GOST R ISO 1999—2017 were used, gender, age of the worker and experience of his work in noisy industries were taken into account.*

*The implementation of the proposed methodology for assessing the occupational health risk of workers in industrial noise impact based on the calculation of the occupational disease index according to the proposed criteria makes it possible to identify groups of employees with an increased risk of developing occupational diseases of the hearing organs. Taking early action for a risk group will allow the employer to maintain, protect, and preserve health of the workers from risk group.*

**Keywords:** working conditions, employee health, occupational risk, occupational health risk, noise exposure, noise-induced hearing loss, industrial noise

### References

1. **The Federal Act** No. 197-FZ "Labor Code of the Russian Federation".
2. **The Federal Act** No.125-FZ "On compulsory social insurance against occupational accidents and diseases, as amended".
3. **The order of Mintrud** of the Russian Federation No. 438n "On the approval of the standard provision on the occupational safety management system".
4. **R 2.2.1766-03**. Guidelines on occupational risk assessment for workers' health. Organizational and methodological aspects, principles and criteria.
5. **Fokin V. A.** Assessment of the health risk of workers in the extractive industries when exposed to noise above 80 DbA. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020. No. 60 (11). P. 867—869. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-867-869>.
6. **Martin S. V., Kudryashov I. N., Ivashchenko M. A.** Practical aspects of occupational risk assessment from industrial noise exposure. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020. No. 60(11). P. 824—826. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-824-826>.
7. **Bazarova Y. L., Fedoruk A. A., Roslaya N. A., Osherov I. S., Babenko A. G.** Assessment of occupational risk caused by noise exposure in workers at metallurgical plant subunits under modernization. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019. No. 3. P. 142—148. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-3-142-148>.
8. **Fedosov A. V., Vadulina N. V., Abdrakhmanov N. Kh., Danieva I. R., Valeeva R. R.** Development of the activities on improving working conditions for the employees of polyethylene production in PJSC "Ufaorgsintez". *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2020. No. 6. P. 84—88. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-6-84-88.
9. **Fernández F. B., Pérez M. Á. S.** Analysis and modeling of new and emerging occupational risks in the context of advanced manufacturing processes. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 100. P. 1150—1159. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.478.
10. **Masterson E. A., Themann C. L., Luckhaupt S. E., Calvert G. M.** Hearing difficulty and tinnitus among U. S. workers and non-workers in 2007. *Am. J. Ind. Med.* 2016. Vol. 59. P. 290—300. DOI: 10.1002/ajim.22565.
11. **Liguori C., Ruggiero A., Russo D., Sommella P., Lundgren J.** Proposal for the automatic evaluation of workers' exposure to acoustic noise following task-based approach. *Measurement*. 2021. Vol. 173. P. 1—8. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108534>.
12. **Denisov E. I.** Noise at a workplace: permissible noise levels, risk assessment and hearing loss prediction. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018. No. 3. P. 13—23. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.02.
13. **Suvorov G. A., Prokopenko L. V., Yakimova L. D.** Noise and health (ecological and hygienic problems). Moscow, Soyuz publ., 1996. 150 p.
14. **Denisov E. I., Adeninskaya E. E., Eremin A. L., Kur'еров N. N.** Occupational deafness — problem of health and safety. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2014. No. 7. P. 45—47.
15. **Buhtiyarov I. V., Denisov E. I., Courierov N. N., Prokopenko L. V., Bulgakova M. V., Khahileva O. O.** Improvement of noise-induced hearing loss criteria and occupational risk assessment. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2018. No. 4. P. 1—9.
16. **GOST R ISO 1999—2017**. Acoustics. Estimation of noise-induced hearing loss.
17. **Gigiena truda** [Occupational Health]: Text-book / N. F. Izmerov, V. F. Kirillov. Moscow: GEOTAR — Media Publ., 2010. 592 p.
18. **MR 14-1/10/2-3508**. Diagnostika, ekspertiza trudosposobnosti i profilaktika professional'noi sensone-vral'noi tugoukhosti: Metodicheskie rekomendatsii 14-1/10/2-3508.
19. **Resolution** of the Ministry of Labor of the Russian Federation of 18.07.2001 No. 56 "On Approval of the Time Criteria for Determining the Degree of Loss of Occupational Disability as a Result of Industrial Accidents and Occupational Diseases, the Form of the Rehabilitation Program for the Victim as a result of an industrial accident and occupational disease".
20. **GOST R ISO 7029—2011** Acoustics. Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age.

УДК 159.99

**А. В. Шленков**, д-р психолог. наук, проф., проф. кафедры, e-mail: 33366610@mail.ru, Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации,  
**А. А. Горелов**, д-р пед. наук, проф., проф. кафедры, e-mail: alexagorr@yandex.ru, Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации (Калининградский филиал),  
**А. А. Кочин**, д-р пед. наук, проф., гл. науч. сотр., e-mail: aa.kochin@mail.ru, Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказания Российской Федерации, Москва

## **Модели стресспреодолевающего поведения сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России**

*Рассмотрена необходимость развития стресспреодолевающего поведения у сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России (ФПС), принимающих непосредственное участие в тушении пожаров. Наличие стресс-факторов в профессиональной деятельности оказывает психотравматическое воздействие на психику сотрудников, понижая качество профессиональной деятельности.*

*Показаны особенности развития стресспреодолевающего поведения у сотрудников, участвовавших в исследовании, за счет предложенных тренинговых мероприятий: саморегуляция психических состояний, когнитивно-поведенческая терапия, рескриптинг — техника, направленная на коррекцию воспоминаний травмирующего события.*

*Эффективные модели стресспреодолевающего поведения, такие как ассертивные действия, вступление в социальный контакт повышают качество профессиональной деятельности сотрудников, продлевая профессиональное долголетие и психическое благополучие.*

**Ключевые слова:** факторы профессиональной деятельности, личностные особенности, модели стресспреодолевающего поведения, эмоциональная устойчивость, витальный стресс

### **Введение**

Профессиональная деятельность сотрудника Федеральной противопожарной службы МЧС России (далее — ФПС) характеризуется наличием ряда психотравмирующих факторов, оказывающих значительное влияние на его психофизиологическое состояние. Причиной этого являются так называемые стрессогенные ситуации, попадая в которые индивидуум, не готовый к ним, испытывает тяжелые эмоциональные переживания, часто проявляющиеся в виде острых стрессовых реакций. При этом его тревожность имеет четко выраженную тенденцию к возрастанию до крайне высоких значений, оказывая неблагоприятное воздействие на личностное благополучие [1—4].

Тревожность, как личностная характеристика, зависит от нейродинамических, темпераментных свойств личности. Многие исследователи, занимающиеся этой проблемой, отмечают, что

наибольшее число ошибочных действий в условиях эмоционального стресса происходит на фоне повышенного нервно-психического напряжения [2—5]. Каждая совершенная ошибка рассматривается ими как поражение, а результатом является неуверенность в своих силах, постоянное осознание факта неправомерности выбора своей профессии. Нервно-психическое напряжение, сопровождающее работу таких людей на фоне стрессовых воздействий, повышает "цену деятельности организма" в виде энергетических затрат психики, напряжения ресурсов организма до предельных значений, что разрушает защитные механизмы психики. Это, в свою очередь, приводит к развитию витального стресса и развитию психогенных заболеваний [5—7].

В отечественной психологии исследования стрессовых расстройств наиболее интенсивно стали проводиться в начале 90-х годов прошлого столетия. В 1991 г. даже было создано "Психологическое



общество травматического стресса", в рамках деятельности которого были получены экспериментальные данные о патогенезе стрессовых расстройств, причинах возникновения симптомов и их проявления в жизнедеятельности человека. Кроме этого, появились публикации о результатах обследования лиц, которые или пострадали в зоне боевых действий или чрезвычайной ситуаций, или потеряли своих родных и близких, стали свидетелями гибели большого количества людей [8].

При этом было установлено, что сформированные так называемые личностные ресурсы (копинг-ресурсы), за счет приобретения определенного опыта нахождения в подобных ситуациях, вырабатывают защитные механизмы стресспреодолевающего поведения, которые препятствуют развитию витального стресса. Эти ресурсы базируются на таких характеристиках, как общее функциональное состояние, концентрация, переключение и распределение внимания, общая выносливость организма и специфическая, по отношению к конкретным стрессовым воздействиям, эмоциональная устойчивость, высокий уровень развития волевых качеств, полученные знания и профессиональный опыт, сформированные навыки поведения в различных стрессовых ситуациях [9—11].

Цель исследования — изучение влияния рассмотренных психолого-педагогических воздействий на развитие стресспреодолевающего поведения у сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России.

В рамках рассмотренной проблемы было проведено исследование, направленное на изучение влияния отдельных психолого-педагогических воздействий, направленных на формирование у сотрудников ФПС копинг-ресурсов, необходимых для успешного осуществления профессиональной деятельности. В качестве исследуемых респондентов выступили сотрудники, подвергшиеся негативному воздействию профессиональных стресс-факторов. При этом была сделана попытка доказать, что наличие у специалистов ресурсов стресспреодолевающего поведения не позволит в дальнейшем развиться витальному стрессу [8, 10, 11].

### Объекты и методы исследований

В исследовании приняли участие сотрудники ФПС, непосредственно участвующие в тушении пожаров, чья профессиональная деятельность связана с такими психотравмирующими

факторами, как риск собственному здоровью или жизни, большие психоэмоциональные нагрузки, ненормированный рабочий день, большой объем выполняемой работы в жестких регламентированных временных рамках. Данные сотрудники описывают такие эмоциональные проявления как частое подавленное (плохое) настроение, связанное с выполнением профессиональных обязанностей на фоне значительного утомления, всплывающие воспоминания о жизненных потерях и невозможных утратах, переживание жизненных ситуаций, заставивших переосмыслить жизненные ценности.

Были сформированы экспериментальная (ЭГ) и контрольная (КГ) группы. В ЭГ вошли 43 сотрудника с признаками витального стресса. Средний возраст испытуемых —  $34 \pm 1,2$  года, средний стаж работы в силовых структурах  $8 \pm 1,4$  лет, прошедшие обучение в Институте заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета Федеральной противопожарной службы МЧС России.

Далее было проведено эмпирическое исследование в соответствии с принципами сравнительного метода. В течение месяца интенсивно проводились тренинговые занятия, где испытуемые обучались приемам саморегуляции психических состояний в комнате психологической разгрузки с использованием метода когнитивно-поведенческой терапии с применением рескриптинга — техники, направленной на коррекцию воспоминаний травмирующего события, приносящего боль и негативные переживания. По прошествии месяца у испытуемых вырабатывались жизненные установки на активное развитие ресурсов стресспреодолевающего поведения путем изменения в поведении. Вырабатываемое стресспреодолевающее поведение направлено на преодоление влияния витального стресса на психику испытуемых и на организм в целом. По прошествии года было проведено повторное исследование личностных особенностей испытуемых обеих групп.

В контрольную группу вошли 41 сотрудник в возрасте  $34 \pm 1,5$  года, со средним стажем работы  $8 \pm 1,3$  лет. Испытуемые КГ не обучались каким-либо приемам саморегуляции психических состояний и дали согласие на проведение психологического исследования, направленного на изучение их личностных особенностей. Респонденты ЭГ также дали согласие на проведение психологического исследования, направленного на изучение их личностных особенностей. Кроме того, они дали согласие на участие

в тренинговых мероприятиях с последующим повторным психологическим тестированием.

В рамках планируемых исследований была выдвинута гипотеза о том, что, во-первых, сотрудники ФПС, чья профессиональная деятельность связана с вышеперечисленными психотравмирующими факторами, подвержены развитию хронического стресса. А, во-вторых, формирование психической устойчивости сотрудников ФПС к профессиональным стрессовым нарушениям с помощью метода когнитивно-поведенческой терапии с применением рескриптинга будет способствовать нивелированию процессов развития витального стресса.

Использование метода когнитивно-поведенческой терапии с применением рескриптинга основано на нескольких этапах.

Рескриптинг проводился после применения методов саморегуляции психических состояний, где происходило первичное знакомство с психологом, налаживались взаимоотношения и определялись установки на дальнейшую психолого-педагогическую работу. Это важный этап, нацеленный на осознание сотрудником потребности в работе над своими эмоциональными переживаниями, выработку модели стресспреодолевающего поведения. Выработывалась потребность в совершенствовании своего отношения к негативному опыту, наносящему разрушительное воздействие на психику сотрудника и вызывающему дискомфорт как во всей жизнедеятельности, так и в профессиональной деятельности.

Рескриптинг — это психотехника, направленная на изучение своего эмоционального состояния, анализ чувств, переживаний, мыслей. При проведении психологического анализа произошедшего психотравматического опыта разбирается и анализируется сама ситуация и причины внутреннего эмоционального давления. Определяются пути решения ситуаций, нацеленные на устранение негативных переживаний, оказывающих негативное влияние на психику и деятельность человека.

Когнитивно-поведенческая терапия заканчивается выработкой навыков саморегуляции психических состояний, осознанием и готовностью к работе над своими переживаниями.

После определения причин развития признаков витального стресса и постановки задач терапии с определением путей их реализации идет проработка ситуаций, приведших к психотравматическому опыту. Рассматривается общая картина событий и действий того времени, где было психотравматическое событие.

По результатам причин возникновения витального стресса и особенности его развития, взглядов и позиций сотрудника как активного участника психолого-педагогической системы происходит переход на новый этап формирования стрессоустойчивого поведения.

Суть этого этапа состоит в выработке устойчивой позиции к прошедшим событиям, выработке модели поведения, направленной на коррекцию негативных переживаний и улучшение общего эмоционального фона. В процессе психологической работы происходит определение новых установок личности сотрудника на прошедшие события, строятся модели поведения. Проводятся краткие беседы, нацеленные на психологическое просвещение сотрудников в сфере научных понятий и теорий, рассматривающих и изучающих стрессы, виды острых стрессовых реакций, хронический стресс, реакции психики на стрессовое воздействие и отсроченные эмоциональные реакции. Определяется понятие "Психогигиена" и пути ее применения для конкретного сотрудника. Определяются наиболее комфортные и удобные формы поведения сотрудников применительно к условиям их службы, быта, жизненным установкам и личностным особенностям.

В целях изучения влияния предложенных психолого-педагогических воздействий использовалось тестирование респондентов ЭГ и КГ по следующим психологическим методикам: Тест-опросник Леонгарда-Шмишека "Методика изучения акцентуаций характера" [12]; Опросник SACS С. Хобфолл "Модели преодолевающего поведения" [13]; "Опросник агрессивности" (А. Басс, А. Дарки) [14]; "Опросник травматического стресса" (И. О. Котенев) [15].

Для изучения достоверности различий между группами ЭК и КГ применялся метод математико-статистической обработки данных по *t*-критерию Стьюдента для несвязанных выборок. Достоверным считался уровень 95 % при уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Обработка данных осуществлялась с помощью прикладной программы "STATISTICA" (ver. 10).

### Результаты исследования

Для изучения однородности выборки были протестированы испытуемые обеих групп по "Опроснику травматического стресса" (И. О. Котенев) и проанализированы признаки витального стресса. В результате проведения сравнительного анализа между экспериментальной и контрольной



группами испытуемых статистически значимых различий не было выявлено ни для одного из признаков витального стресса, что говорит об однородности групп до проведения психолого-педагогической работы.

Далее с экспериментальной группой испытуемых работа проводилась в комнате психологической разгрузки, направленная на развитие навыков и приемов совладания с негативными эмоциями, проявляющимися в процессе профессиональной деятельности и повседневной жизни. Навыки и приемы совладания с негативными эмоциями развивались путем обучения саморегуляции психических состояний и релаксации.

После проведения психолого-педагогической работы в виде когнитивно-поведенческой терапии с применением рескриптинга были изучены различия между экспериментальной и контрольной группами сотрудников ФПС с помощью Опросника SACS С. Хобфолл "Модели преодолевающего поведения". Полученные по этой методике данные представлены в табл. 1.

Рассмотрим статистически достоверные различия в средних значениях признаков между сравниваемыми группами с помощью *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок.

В ходе анализа рассматриваемых показателей методики "Модели стресспреодолевающего поведения" были обнаружены достоверные различия между контрольной группой сотрудников с признаками витального стресса, не прошедших психолого-педагогических мероприятий, и группой сотрудников с признаками витального стресса после проведения таких мероприятий.

Наиболее значительную разницу при  $p \leq 0,01$  между группами обследованных сотрудников получили значения по модели "Агрессивные действия". При этом в группе респондентов КГ наблюдаются высокие значения *M* этой модели, у респондентов ЭГ низкие. Агрессивные действия поведения сотрудников при разрешении конфликтов имеют "компенсирующее" значение в механизмах преодоления внутреннего эмоционального напряжения. Необходимо отметить, что в экспериментальной группе более низкие показатели модели "Агрессивные действия" явились результатами проработки эмоциональных состояний в комнате психологической разгрузки. Вытеснение агрессивных форм реагирования заменялось привитием навыков занятий физической рекреацией, переключения внимания и саморегуляцией психических состояний.

Таблица 1

Эмпирические значения для моделей стресспреодолевающего поведения испытуемых ЭГ (43 человека) и КГ (41 человек)

| Модели стресспреодолевающего поведения       | Группы | $M \pm \delta$ | Эмпирические значения <i>t</i> -критерия | $p \leq$ |
|----------------------------------------------|--------|----------------|------------------------------------------|----------|
| Ассертивные действия                         | ЭГ     | 24,0 ± 3,6     | 2,504                                    | 0,05     |
|                                              | КГ     | 16,7 ± 2,9     |                                          |          |
| Вступление в социальный контакт              | ЭГ     | 24,4 ± 3,3     | 2,038                                    | 0,05     |
|                                              | КГ     | 21,1 ± 4,2     |                                          |          |
| Поиск социальной поддержки                   | ЭГ     | 21,5 ± 6,3     | -1,762                                   | —        |
|                                              | КГ     | 22,3 ± 6,8     |                                          |          |
| Осторожные действия                          | ЭГ     | 18,1 ± 3,3     | -1,732                                   | —        |
|                                              | КГ     | 19,3 ± 5,3     |                                          |          |
| Импульсивные действия                        | ЭГ     | 17,1 ± 3,0     | -2,638                                   | 0,05     |
|                                              | КГ     | 23,3 ± 4,9     |                                          |          |
| Избегание                                    | ЭГ     | 18,3 ± 3,2     | -2,039                                   | 0,05     |
|                                              | КГ     | 20,4 ± 7,6     |                                          |          |
| Непрямые действия<br>Манипулятивные          | ЭГ     | 23,5 ± 4,4     | -1,683                                   | 0,05     |
|                                              | КГ     | 24,4 ± 5,7     |                                          |          |
| Асоциальные действия (жесткость, циничность) | ЭГ     | 15,6 ± 3,0     | -2,479                                   | 0,05     |
|                                              | КГ     | 17,1 ± 4,4     |                                          |          |
| Агрессивные действия                         | ЭГ     | 13,0 ± 3,0     | -3,321                                   | 0,01     |
|                                              | КГ     | 19,8 ± 4,0     |                                          |          |

Обозначения: *M* — средние арифметические значения;  $\delta$  — стандартные отклонения

В модели "Импульсивные действия" эти действия проявляются в состояниях аффекта или при работе, вызывающей высокую концентрацию на деятельности, приводящей к эмоциональному истощению. С физиологической точки зрения происходит торможение зон мозга кроме доминантного очага. В результате наблюдается расторможение подкорковых зон, что, в свою очередь, приводит к активации импульсивных непроизвольных часто агрессивных, оборонительных реакций. Здесь немаловажную роль играет психологическое просвещение сотрудников, позволяющее своевременно распознать истощение центральной нервной системы (ЦНС), психоэмоциональное перенапряжение, утомление, приводящие к необдуманному поступкам и действиям. Происходит искажение важнейшего механизма деятельности, т. е. поиск наиболее рационального пути с опорой на избирательность в выборе форм, средств и методов деятельности для получения наибольшего эффекта.

Высокие показатели в выборе таких моделей поведения, как "Асоциальные действия" в виде жесткости в поведении и циничного отношения к действительности и окружающим людям, различимы между группами (при  $p \leq 0,05$ ). Демонстрируется нежелание тратить эмоциональную энергию в процессе выполнения своей профессиональной деятельности, сопереживать пострадавшим, проявляя циничное отношение к происходящему в сфере его профессиональных обязанностей. Данная модель поведения помогает сотруднику уберечь свою эмоциональную сферу от перенапряжения, развития неблагоприятных последствий витального стресса.

Модель "Ассертивные действия" ("уверенные независимые действия") как модель поведения характеризуется способностью не зависеть от оценок окружающих людей и внешних условий деятельности. Такие сотрудники способны регулировать свое поведение, готовы к жизненным переменам и проявляют активность в решении профессиональных и жизненных задач. Сотрудники с данной моделью поведения характеризуются ответственным подходом к деятельности. У сотрудников с низкими показателями преобладает страх перед переменами и опасением потерять то, что уже есть, заслуги, уважение, положение.

В модели "Вступление в социальный контакт" более высокие значения  $M$  выявлены в экспериментальной группе (при  $p \leq 0,05$ ). У сотрудников, не прошедших психолого-педагогических

мероприятий, наблюдается обеднение коммуникативных связей, нежелание вступать в многочисленные социальные контакты, а при вынужденном взаимодействии общение носит более формальный характер. Нежелание поддерживать широкие коммуникативные связи объясняется наличием стрессовых реакций, затрагивающих эмоциональную сферу сотрудника.

Модель "Избегание" как модель поведения в стрессогенной ситуации более высокие значения  $M$  приняла в контрольной группе. Данная модель поведения говорит о выборе сотрудниками пассивного стиля. Позиция избегания позволяет минимизировать эмоциональные затраты в случае развития конфликта с окружающими, выбирая выжидательную позицию. Данная модель поведения демонстрирует выжидательную позицию сотрудников, уклоняющихся от решения трудных проблем. Различия в контрольной и экспериментальной группах достоверны при уровне значимости ( $p \leq 0,05$ ).

Заключительной частью исследования было изучение показателей форм агрессии с помощью Опросника агрессивности Басса—Дарки у сотрудников контрольной и экспериментальной групп после проведения психолого-педагогических мероприятий.

С помощью данного опросника можно оценить, насколько психолого-педагогические мероприятия повлияли на выбор таких стресспреодолевающих моделей поведения, как агрессивные формы поведения сотрудников ФПС.

Личностное свойство агрессивности в умеренных пределах способствует быстрому решению профессиональных задач, где сама деятельность подразумевает работу в агрессивной среде (пожарные, спасатели). Недостаток ее ведет к пассивности, ведомости, инертности в поведении. Слишком высокие значения — к чрезмерной конфликтности, неуправляемости в поведении и решению совместных задач.

Полученные данные по методике диагностики форм агрессии представлены в табл. 2.

Рассмотрим статистически достоверные различия в средних значениях признаков между сравниваемыми группами при помощи  $t$ -критерия Стьюдента для независимых выборок.

В ходе анализа средних значений исследуемых показателей по методике диагностики форм агрессии были обнаружены достоверные различия между контрольной группой и группой сотрудников после проведения психолого-педагогических мероприятий (см. табл. 2).



Таблица 2

## Эмпирические значения признаков форм агрессии у испытуемых ЭГ (43 человека) и КГ (41 человек)

| Признаки форм агрессии | Группы | $M \pm \delta$ | $t$ -критерий Стьюдента | $p \leq$ |
|------------------------|--------|----------------|-------------------------|----------|
| Физическая агрессия    | ЭГ     | $5,1 \pm 1,9$  | -2,893                  | 0,01     |
|                        | КГ     | $8,2 \pm 4,2$  |                         |          |
| Косвенная агрессия     | ЭГ     | $3,8 \pm 1,8$  | -2,089                  | 0,05     |
|                        | КГ     | $5,5 \pm 2,7$  |                         |          |
| Раздражение            | ЭГ     | $4,9 \pm 2,7$  | -2,625                  | 0,05     |
|                        | КГ     | $8,7 \pm 3,7$  |                         |          |
| Негативизм             | ЭГ     | $1,7 \pm 1,0$  | -1,893                  | —        |
|                        | КГ     | $3,8 \pm 1,8$  |                         |          |
| Обида                  | ЭГ     | $4,3 \pm 1,2$  | -1,348                  | —        |
|                        | КГ     | $5,9 \pm 3,6$  |                         |          |
| Подозрительность       | ЭГ     | $3,1 \pm 2,8$  | -1,983                  | —        |
|                        | КГ     | $5,7 \pm 3,4$  |                         |          |
| Вербальная агрессия    | ЭГ     | $4,2 \pm 1,2$  | -2,529                  | 0,05     |
|                        | КГ     | $7,1 \pm 4,1$  |                         |          |
| Чувство вины           | ЭГ     | $5,8 \pm 2,0$  | -1,759                  | —        |
|                        | КГ     | $6,5 \pm 2,3$  |                         |          |

Обозначения:  $M$  — средние арифметические значения;  $\delta$  — стандартные отклонения

Форма агрессии "Физическая агрессия" — в результате проведенного анализа выявлено, что в контрольной группе по отношению к экспериментальной (при  $p \leq 0,01$ ) физическая агрессия выражена в большей степени и принимает высокие значения. В экспериментальной группе физическая агрессия как побуждение использования физической силы против другого лица выражена в средней степени.

Форма агрессии "Косвенная агрессия" — агрессия, направленная обходным, завуалированным путем, скрытая от окружающих (соперничество, получение выгоды). Сравнивая со среднестатистическими нормами по опроснику видим, что в обеих исследуемых группах данный вид агрессии выражен в средней степени. Различия между группами значимы при ( $p \leq 0,05$ ). При этом для контрольной группы сотрудников косвенная агрессия более характерна.

Форма агрессии "Раздражение" — принимает более выраженный характер в контрольной группе. При проведении занятий в комнате психологической разгрузки, направленных на развитие навыков саморегуляции психических состояний, одной из задач было обучение приемам переключения внимания с последующей оптимизацией эмоционального состояния. Сотрудники контрольной группы с большей степенью

вероятности ( $p \leq 0,05$ ) могут проявлять склонность к вспыльчивости, резкости.

Форма агрессии "Вербальная агрессия" высокие значения приняла в контрольной группе сотрудников. Данная форма агрессии характеризует сотрудников, склонных к словесным угрозам и оскорблениям, иногда переходящим на повышенный тон или крик.

После подсчета суммарного индекса агрессивных реакций получили следующие данные: 18,23 — экспериментальная группа; 29,65 — контрольная группа.

В контрольной группе показатель агрессивных реакций показывает высокие значения, что характеризует респондентов этой группы как малоспособных к кооперации, конфликтных, эмоционально возбудимых. В экспериментальной группе показатель агрессивных реакций находится в пределах допустимой нормы для мужчин как представителей профессий экстремального профиля деятельности.

Суммарный индекс враждебности: 7,56 — экспериментальная группа; 11,65 — контрольная группа. Как видим, индекс враждебности имеет высокие значения для испытуемых экспериментальной группы и очень высокие значения для контрольной.

Высокие показатели характеризуют сотрудников как недоверчивых к окружающей среде и людям, что проявляется в негативных установках



при взаимодействии с окружающими. Столь высокие показатели могут быть вызваны спецификой службы и выполнения профессиональных обязанностей, связанных с риском для собственной жизни и здоровья.

### Заключение

Теоретический анализ научных подходов к изучению витального стресса позволяет говорить о том, что с прекращением воздействия на человека стрессогенных факторов постепенно исчезают стрессовые реакции, создаются условия для нормализации внешних проявлений эмоционального состояния. Вместе с тем пережитая травмирующая ситуация не прекращает оказывать свое воздействие на человека. Часто симптомы от пережитого стресса трансформируются в витальный стресс, при этом переживание травмирующей ситуации затрагивает жизнедеятельность человека во всех его сферах, прежде всего, нанося ущерб его эмоциональному фону и, в конечном счете, негативно влияя на его психическое здоровье.

Сотрудники ФПС России, прошедшие психолого-педагогические мероприятия, целью которых явилось развитие моделей стресспреодолевающего поведения, характеризуются менее выраженными агрессивными реакциями и враждебностью. Данные модели стресспреодолевающего поведения формировались путем развития навыков переключения внимания и саморегуляции психических состояний, проводимых в комнате психологической разгрузки. Наибольшие значения в различиях выявлены по показателю "Физическая агрессия", как стремление использовать физическую силу против другого лица.

После проведенной когнитивно-поведенческой терапии с использованием рескриптинга, наибольшие изменения были выявлены в таких моделях поведения, как агрессивные и импульсивные действия. Импульсивные действия носят хаотичный, не преднамеренный характер, иррациональны для решения поставленных целей и профессиональных задач.

При этом психолого-педагогические воздействия позволили сотрудникам выработать модель поведения, основанную на асертивных действиях. Она характеризуется независимостью от оценок окружающих сотрудника людей, внешних влияний. Данные сотрудники способны регулировать свое поведение, готовы к жизненным переменам и проявлению активности в решении профессиональных и жизненных задач.

### Список литературы

1. **Александр С. С., Бобринев Е. В., Евдокимов В. И., Кондашов А. А., Санников М. В., Харин В. В.** Заболеваемость с трудовыми потерями у сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России (1996—2015 гг.) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. — 2018. — № 1. — С. 5—18.
2. **Волков А. А.** Психологическая устойчивость сотрудников правоохранительных органов / Сборник Психологические исследования личности в современной стрессогенной среде. Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Под ред. М. В. Лукьяновой, А. С. Лукьянова. — 2017. — С. 12—15.
3. **Шабанова Т. Л.** Психология профессионального стресса и стресстолерантности: учебное пособие. — Саратов: Вузовское образование, 2014. — 121 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/19530.html> (дата обращения 15.02.2021).
4. **Захарова Н. М., Милехина А. В.** Основные принципы оказания медико-психологической помощи жертвам насилия // *Российский психиатрический журнал*. — 2017. — № 6. — С. 32—39.
5. **Боква И. А., Агасаров Л. Г.** Типология и коррекция постстрессовых расстройств различного генеза // *Вестник новых медицинских технологий*. — 2020. — № 1. — С. 145—150.
6. **Moench K. M., Breach M. R., Wellman C. L.** Chronic stress produces enduring sex- and region-specific alterations in novel stress-induced c-fos expression // *Neurobiology of Stress*. — 2019. — Vol. 10.
7. **Panchenko O. A., Śliwiński Z.** Cryotherapy as part of the post-stress disorder rehabilitation complex // *Fizjoterapia Polska*. — 2017. — Vol. 17. — No. 4. — P. 62—67.
8. **Бодров В. А.** Психологический стресс: развитие и преодоление. — Москва, Саратов: ПЕР СЭ, Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 528 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/88196.html> (дата обращения 15.02.2021).
9. **Практическое руководство по психологии посттравматического стресса. Ч. 1. Теория и методы / Н. В. Тарабрина и др.** — Москва: Когито-Центр, 2019. — 208 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/88335.html> (дата обращения 15.02.2021).
10. **Тарабрина Н. В.** Психология посттравматического стресса: теория и практика. — М.: Издательство Института психологии РАН, 2019. — 304 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/88376.html> (дата обращения 15.02.2021).
11. **Кириллов И.** Стресс-серфинг: Стресс на пользу и в удовольствие. — М.: Альпина Паблишер, 2019. — 216 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/82530.html> (дата обращения 15.02.2021).
12. **Паршукова Л. П., Выбойщик И. В.** Акцентуации характера: учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 84 с.
13. **Водопьянова Н. Е.** Психодиагностика стресса. — СПб.: Питер, 2009. — 336 с.
14. **Хван А. А., Зайцев Ю. А., Кузнецова Ю. А.** Стандартизация Опросника А. Басса и А. Дарки / Психологическая диагностика. — 2008. — № 1. — С. 35—58.
15. **Котенев И. О.** Психологическая диагностика постстрессовых состояний у сотрудников ОВД. Методическое пособие для практических психологов. МЦ при ГУК МВД России. — М., 1997. — С. 12—46.



**A. V. Shlenkov**, Professor of Department, e-mail: 33366610@mail.ru, Saint-Petersburg University of the Ministry of the Interior Russia,  
**A. A. Gorelov**, Professor of Department, e-mail: alexagorr@yandex.ru, Saint-Petersburg University of the Ministry of the Interior Russia (Kaliningrad Branch),  
**A. A. Cochlin**, Professor, Chief Researcher, e-mail: aa.kochin@mail.ru, Scientific Research Institute of the Federal Service of Execution of Punishments of the Russian Federation, Moscow

## Models of Stress-Overcoming Behavior of Employees with Extreme Activity Profiles

*The article considers the necessity of applying stress-overcoming behavior in employees of the Federal Fire Service (FPS), who are directly involved in extinguishing fires. Most often employees performing the task of extinguishing the fires, indicate the stress factors of professional activity: the inability to rescue the victims, children, the elderly, women, risk their lives and health; the death of or serious injury to fellow workers; the unpredictability and novelty of the situation on the fire; long working hours and a large number of responsibilities; sudden alarm and trips to the fire during the entire shift; aggressive environment (high temperature combustion, harmful substances released during combustion), climatic conditions and many more, etc. The aim of the study was to investigate the influence of the psychological-pedagogical influence on the development of stress-reducing behavior of employees of the Federal fire service.*

*The study was conducted at the St. Petersburg State University of the Ministry of Emergency Situations of Russia on the employees of the Federal Fire Service directly involved in extinguishing fires, in the number of 84 people. The influence of vital stress on the mental sphere of FPS employees is analyzed. The peculiarities of the influence of vital stress on the personal characteristics of the FPS employees are revealed. The features of the development of stress-overcoming behavior in the respondents who participated in the study are shown due to the proposed training measures: self-regulation of mental states, cognitive behavioral therapy, rescripting — a technique aimed at correcting memories of a traumatic event. Stressful behavior increases the quality of professional activity of employees, prolonging professional longevity and mental well-being.*

**Keywords:** factors of professional activity, personal characteristics, models of stress-overcoming behavior, emotional stability, vital stress

### References

1. **Aleksanin S. S., Bobrinev E. V., Evdokimov V. I., Kondashov A. A., Sannikov M. V., Harin V. V.** Zaboлеваemost s trudopoteryami u sotrudnikov gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby mchs rossii 1996—2015 gg. mediko-biologicheskie i socialno-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah. 2018. No. 1. P. 5—18.
2. **Volkov A. A.** Psihologicheskaya ustojchivost sotrudnikov pravoohranitelnyh organov / Sbornik Psihologicheskie issledovaniya lichnosti v sovremennoj stressogennoj srede sbornik materialov VI Vserossijskoj nauchno prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem / Pod redakciej M. V. Lukyanovoj, A. S. Lukyanova. 2017. P. 12—15.
3. **Shabanova T. I.** Psihologiya professionalnogo stressa i stress-tolerantnosti ehlektronnyj resurs uchebnoe posobie. Saratov: Vuzovskoe obrazovanie. 2014. 121 p. URL: <http://www-iprbookshop.ru-19530-html-ehbs-iprbooks> (date of access 15.02.2021).
4. **Zaharova N. M., Milekhina A. V.** Osnovnye principy okazaniya medico psihologicheskoy pomoshchi zhertvam nasiliya. *Rossijskij psihiatricheskij zhurnal*. 2017. No. 6. P. 32—39.
5. **Bokova I. A., Agasarov L. G.** Tipologiya i korrekciya poststressovyh rasstrojstv razlichnogo geneza. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij ehlektronnoe izdanie*. 2020. No. 1. P. 145—150.
6. **Moench K. M., Breach M. R., Wellman C. L.** Chronic stress produces enduring sex- and region-specific alterations in novel stress-induced c-fos expression. *Neurobiology of Stress*. 2019. Vol. 10.
7. **Panchenko O. A., Śliwiński Z.** Cryotherapy as part of the post-stress disorder rehabilitation complex. *Fizjoterapia Polska*. 2017. Vol. 17. No. 4. P. 62—67.
8. **Bodrov V. A.** Psihologicheskij stress razvitie i preodolenie ehlektronnyj resurs. Moscow, Saratov: Per She, Aj Pi Her Media. 2019. 528 p. URL: <http://www-iprbookshop.ru-88196-html-ehbs-iprbooks> (date of access 15.02.2021).
9. **Prakticheskoe rukovodstvo po psihologii posttravmaticheskogo stressa.** Ch. 1. Teoriya i metody / Tarabrina N. V. et al. Moscow: Kogito Centr. 2019. 208 p. URL: <http://www-iprbookshop.ru-88335-html-ehbs-iprbooks> (date of access 15.02.2021).
10. **Tarabrina N. V.** Psihologiya posttravmaticheskogo stressa teoriya i praktika. Moscow: Izdatelstvo institute psihologii RAN. 2019. 304 p. URL: <http://www-iprbookshop.ru-88376-html-ehbs-iprbooks> (date of access 15.02.2021).
11. **Kirilov I.** Stress serfing stress na polzu i v uodovolstvie. Moscow: Alpina Publisher. 2019. 216 p. URL: <http://www-iprbookshop.ru-82530-html-ehbs-iprbooks> (date of access 15.02.2021).
12. **Parshukova L. P., Vybojshchik I. V.** Akcentuacii haraktera: uchebnoe posobie. 2-e izd., ispr. i dop. Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGu. 2007. 84 p.
13. **Vodopyanova N. E.** Psihodiagnostika stressa. Saint-Petersburg: Piter. 2009. 336 p.
14. **Hvan A. A., Zajcev Yu. A., Kuznecova Yu. A.** Standartizaciya Oprosnika A. Bassa i A. Darki. *Psihologicheskaya diagnostika*. 2008. No. 1. P. 35—58.
15. **Kotenev I. O.** Psihologicheskaya diagnostika poststressovyh sostojanij u sotrudnikov OVD metodicheskoe posobie dlya prakticheskikh psihologov MC pri GUK MVD Rossii. Moscow, 1997. P. 12—46.

УДК 614.8.084:331.421

**Е. Л. Мальгин**<sup>1</sup>, канд. пед. наук, доц., e-mail: malgin1954@mail.ru,

**Е. Г. Шеметова**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,

**А. В. Деревянкин**<sup>1, 2</sup>, канд. с.-х. наук, доц., вед. науч. сотр.,

**Г. Н. Доленко**<sup>1</sup>, д-р хим. наук, проф.

<sup>1</sup> Сибирский университет потребительской кооперации, Новосибирск

<sup>2</sup> Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск, Новосибирская область

## Эвакуация из высотных зданий при пожаре: оценка проблемных факторов обеспечения безопасности и охраны труда

*На основе нормативно-правовой базы, исследований в области пожарной безопасности рассмотрены проблемные факторы пожарной безопасности, влияющие на эвакуацию людей из высотных зданий, представлена и оценена специфика противопожарного обеспечения высотных зданий на примере ЖК "Четыре мушкетера" г. Новосибирска, предложены рекомендации.*

**Ключевые слова:** безопасная эвакуация, высотные здания, дома повышенной этажности, знаки пожарной безопасности, объект с массовым пребыванием людей, оповещение и управление эвакуацией, пожарные извещатели, система дымоудаления

### Введение

Высотное строительство развивается быстрыми темпами, а в Саудовской Аравии строится здание Kingdom Tower, которое преодолет отметку в километр. Но как находящимся на верхних этажах спастись во время пожара? Надежных средств спасения с большой высоты до сих пор еще не создано. Используемые на месте пожара автолестницы достают максимум до седьмого этажа, и только импровизированная лестница, составленная из нескольких частей, протянувшись с седьмого до двенадцатого этажа, помогла некоторым спастись. Выбраться из огненной ловушки удалось не всем, многие просто не сумели спуститься [1]. Такой сценарий может быть обычен при эвакуации из высотных зданий. Опасности созданы, а средства спасения, либо их нет, либо они неэффективны. Для определения возможности эвакуации людей из высотных зданий необходимо знать, какие здания считать повышенной этажности, а какие высотными?

Понятие этажность применяется только к надземной части здания, т. е. не включает подземные

этажи, а термин количество этажей включает цокольные, подвальные, технические этажи. В нормативных документах Российской Федерации жилые здания классифицируются по этажности (табл. 1).

Согласно справочнику Руководителя тушения пожара [2] к зданиям повышенной этажности относятся здания 10—25 этажей. В России здания высотой более 75 м, или более 25 этажей называют высотными зданиями, за рубежом высотными называют здания от 35 до 100 м. В настоящее время отсутствует единая однозначная трактовка понятий здание повышенной этажности, высотное здание. Подтверждает невозможность дать определение понятию высотное здание Европейский Совет по высотным зданиям и городской среде. Так, в Москве, где практика высотного строительства ориентирована на высоту зданий 75 м, сложилась тенденция относить к высотным зданиям выше 75 м. Таким образом, не только в РФ, но и в мире нет единого понимания понятия многоэтажного (высотного) здания. По мнению авторов, исходя из сложившейся практики, в Российской Федерации к высотным зданиям следует относить здания выше 75 м.

Таблица 1

Классификация зданий по этажности

| Малоэтажные | Средней этажности | Многоэтажные     | Повышенной этажности | Высотные        |
|-------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| 1—2 этажа   | 3—5 этажей        | 6 и более этажей | 11—16 этажей         | Более 16 этажей |



В Новосибирске высотных зданий не очень много (на 1 января 2020 г. — 88), но с каждым годом их становится все больше. Высотные здания в силу своей специфики имеют большую степень опасности при эвакуации в сравнении со зданиями нормальной этажности.

Исследования показали, что в случае пожара лестничные клетки, шахты лифтов, коридоры и этажи зданий в течение 1—2 мин заполняются дымом, через 5 мин повышается температура до 200 °С, превышающая в несколько раз температуру, опасную для человека (60 °С). Кроме того, сам фактор задымления влияет на видимость, а именно "...для 59 видов пожарной нагрузки (88,06 %) потеря видимости в дыму достигает критического значения первой среди опасных факторов пожаров" [3, с. 19].

В Распоряжении МЧС России от 20 декабря 2019 г. № 755 отмечено, что к III категории значительного риска относятся... многоквартирные жилые дома высотой более 75 м [4]. Кроме того, следует упомянуть, что в соответствии с Правилами противопожарного режима в РФ под объектом с массовым пребыванием людей понимается одновременное нахождение на объекте 50 человек и более [5]. Естественно, высотные дома — объекты с массовым пребыванием людей. В зависимости от их количества в здании ему присваивается категория по антитеррористической защищенности (для высотных зданий I категория — более 1000 человек, II категория — 200...1000 человек).

Какие же возможности имеются по своевременной эвакуации людей из высотного здания? Можно ли подвести автолестницу в то место придомовой территории, откуда можно осуществить спасение? А много ли в городе высоких автолестниц, способных дотянуться выше девятого этажа? Эту, одну из сложнейших задач можно решить с помощью комплексной безопасности зданий, а именно: выполнением нормативно-правовых и технических требований по строительству и эксплуатации высотных зданий; эффективными охранными и противопожарными системами, обеспечивающими безопасное проживание или нахождение в них людей [6, 7]; диспетчеризацией систем инженерного оборудования; информационной безопасностью. Но для того чтобы правильно использовать элементы комплексной защиты (противопожарные устройства и другое оборудование), необходимо знать их предназначение, поддерживать в исправном состоянии и уметь применять.

### **Объекты и методы исследований**

В целях оценки имеющихся проблемных факторов по обеспечению требований пожарной безопасности в высотных зданиях проведено

исследование объекта жилого комплекса ЖК "Четыре мушкетера" в г. Новосибирске. Это четыре дома повышенной комфортности с полукруглыми балконами, возведенными по монолитно-кирпичной технологии.

Техническая характеристика: годы постройки 2010—2013, этажность — 25—26, высота зданий в среднем — 82,7 м. В каждом доме установлено по 3—4 лифта, работает консьерж. Средняя вместимость зданий составляет 500 человек. Здания относятся ко II категории многоэтажных зданий (высотой более 75 м), к IV степени огнестойкости и к классам С1, С3 конструктивной пожарной опасности [7], ко II категории (200...1000 человек) по антитеррористической защищенности для высотных зданий.

Инфраструктура: компактная территория ЖК закрыта шлагбаумами, находится под видеонаблюдением. На территории организованы открытые парковочные места и 8-этажный паркинг. Дома расположены близко друг к другу, что увеличивает плотность припаркованных автомобилей до 200 шт., что крайне осложняет проезд пожарной техники и доступ ее к пожарным гидрантам. Рядом располагаются транспортные магистрали. Подъезд к территории осуществляется с трех сторон: с западной, восточной и южной стороны. Вместе с тем въезд на территорию только один, что часто затрудняет движение автомобильного транспорта к ЖК (в том числе пожарных машин). Расстояние до ЖК от пожарной части № 5 составляет 3,6 км, при условии нормальной дорожной обстановки время доезда 11 мин; от специальной пожарной части № 2 — 4,2 км, время доезда до 15 мин, в условиях пробок до 20 мин и более. В процессе исследования использовались методы фиксации реальной обстановки объекта, сравнения с нормативными требованиями и показателями, анализ документов и аналогичных исследований. Оценка проводилась по наличию или отсутствию недостатков, вредных и опасных факторов по следующим параметрам: наличие установок и элементов пожарной защиты, систем оповещения и управления эвакуацией; возможности персонала управления ЖК по спасению и безопасной эвакуации людей. Так как здания аналогичны, то в качестве объекта исследования был рассмотрен один из домов ЖК.

### **Результаты исследования**

Оценка проводилась по перечисленным ниже проблемным факторам в обеспечении пожарной безопасности людей, находящихся в жилом

высотном здании. Эти факторы связаны с отличительными особенностями высотных зданий.

- Увеличение нагрузки на несущие конструкции здания с увеличением высоты.
- Наличие различных функциональных отсеков (торгового, жилого, офисного, технического).
- Наличие стилобатной части (суть стилобата — опора, основание, общий цоколь, который относится сразу к нескольким зданиям), подземных паркингов, развитых систем вентиляции и кондиционирования воздуха.
- Нахождение большого количества людей.
- Задымление и блокирование путей эвакуации продуктами горения, большая протяженность путей эвакуации и время безопасной эвакуации.
- В отличие от малоэтажных домов, возрастает сложность тушения пожара.
- Трудоемкость спасения людей и управления эвакуацией, сложность спасения людей и недостатки в управлении системой оповещения и эвакуации.
- Отсутствие эффективных средств спасения в связи с особенностями объектов по высоте или невозможностью их использования.
- Низкий уровень культуры пожарной безопасности как составляющей культуры безопасности жизнедеятельности у жильцов и персонала управления ЖК.
- Слабая профессиональная компетентность персонала управления ЖК, лиц, допущенных к управлению эвакуацией людей и т. д.

Увеличение нагрузки на несущие конструкции здания происходит с увеличением высоты: 26 этажей, высота здания 82,7 м, здание одно-подъездное.

Наличие стилобатной части, различных функциональных отсеков — торгового (одна торговая точка) в цокольном и офисного (консьерж) на первом этаже, установленных систем вентиляции и кондиционирования воздуха, подземный паркинг отсутствует; наличие жилой части — со 2 по 25 этажи и технической — 26-й этаж.

В данном здании для обеспечения критериев пожарной безопасности предусмотрены следующие противопожарные устройства и конструкции:

а) для повышения эффективности безопасной эвакуации имеется незадымляемая лестничная клетка типа Н1. Для создания тяги и удаления дыма над лестничной клеткой и лифтовой шахтой организован вытяжной дымовой люк; на техническом этаже (чердаке) установлены вентиляторы, для усиления тяги и создания избыточного

давления (подпора) на лестничной клетке и лифтовых шахтах;

б) для эвакуации людей в исследуемом здании предусмотрены поэтажные выходы на незадымляемую лестничную площадку типа Н1 с входом с этажа через наружную воздушную зону (балкон) по открытым переходам. Двери оборудованы доводчиками, неисправных нет. Функционирующие доводчики, по различным оценкам, позволяют в течение 1,5...6 мин замедлить задымление путей эвакуации;

в) в прихожей каждой квартиры установлена система автоматической пожарной сигнализации, которая выведена в диспетчерскую ЖК (извещатели пожарной сигнализации дымового типа — ДТЛ, по два и более на квартиру). Но в процессе установки подвесных потолков в квартирах некоторыми жильцами была убрана часть извещателей, при этом нарушена общая система срабатывания;

г) на каждом этаже установлены по три шкафа внутреннего пожарного водопровода, с пожарными кранами и насосами, повышающими давление в сети, здесь же должны быть установлены кнопки дистанционного пуска, имеющие надпись "Дымоудаление".

Последствия пожара (опасные факторы пожара — ОФП) — это задымление и отравление продуктами горения и потеря видимости при эвакуации людей, блокирование путей эвакуации. В работе [8, с. 25] приведены данные о влиянии ОФП на спасателей и пожарных, "что примерно соответствует и воздействию ОФП на жильцов дома: снижение видимости в дыму — 56 %; тепловой поток — 13 %; пламя, искры — 13 %; повышенная температура окружающей среды — 6 %; повышенная концентрация — токсичных продуктов горения и термического разложения — 6 %; пониженная концентрация кислорода — 6 %" [9, с. 25]. В работе [3, с. 19] проанализировано влияние дымообразования при горении различных материалов на потерю видимости при эвакуации людей, даже "при уровне освещенности 750 лк для 50 видов пожарных нагрузок критическое значение по потере видимости в дыму наступает в первую очередь (коэффициент дымообразования пожарной нагрузки), хотя нормируемая освещенность для путей эвакуации "поэтажные внеквартирные коридоры, вестибюли, лифтовые холлы — всего 30 лк, лестницы — 20 лк" [9].

Управление пожарной безопасностью является основным элементом предупреждения пожаров. В исследуемом здании используется



система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) 3-го типа. Система оповещения СОУЭ 3-го типа — это обязательно речевое оповещение (передача специальных текстов), установка световых оповещателей "Выход", звуковые сирены, световые мигающие оповещатели, установка эвакуационных знаков пожарной безопасности, указывающих направление движения, разделение здания на зоны пожарного оповещения, обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской [6].

При пожаре могут возникнуть различные проблемы и связанные с ними сценарии: не сработала сигнализация, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре по причине технической неисправности, никто не управляет эвакуацией, люди не знают о том, что лестничная клетка незадымляемая.

На каждом этаже располагается по шесть квартир, т. е. достаточно большое количество жильцов (в среднем по 25 жильцов на площадке, всего примерно 500 человек), из-за чего затрудняется эвакуация, а также в связи с большой протяженностью путей эвакуации увеличивается время безопасной эвакуации. Критерии безопасности людей при эвакуации из высотных зданий и сооружений..., введены в систему строительного и противопожарного нормирования страны СНиП П-2-80 [10], т. е. давно, еще в 1980 г. Для быстрой эвакуации были нормированы необходимое количество и ширина эвакуационных выходов, которые зависят от максимального числа эвакуирующихся и предельно допустимого расстояния от выходов [10]. Данные для определения расчетного времени эвакуации определены Приложением № 5 Приказа МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" и Приказом МЧС России от 2 декабря 2015 г. № 632, Приложением № 6. Порядок проведения расчета и математические модели для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара. Многоквартирные жилые дома.

Под маршрутом эвакуации понимаются пути эвакуации, состоящие из последовательно соединенных участков от квартиры до эвакуационного выхода. Время эвакуации определялось из условия эвакуации в тамбур-шлюз с подпором воздуха незадымляемой лестничной клетки типа Н1.

Расчетное время эвакуации людей  $t_{эв}$  следует определять как сумму времени движения

люدского потока по отдельным участкам пути по формуле

$$t_{эв} = t_1 + t_2 + t_3 \dots t_n. \quad (1)$$

Определение расчетного (фактического) времени эвакуации людей из зданий и помещений можно представить в виде перечисленных ниже основных частей.

- Разбиение на участки.
- Формирование маршрутов эвакуации.
- Определение длины ( $l_i$ ) и ширины ( $\delta_i$ ) участка.
- Определение плотности  $D_i$  на тупиковых участках.
- Определение времени движения на участке  $t_i$ .
- Суммирование времени движения по участкам на каждом из маршрутов.
- Определение фактического времени эвакуации.

Основными параметрами, характеризующими процесс эвакуации из зданий и сооружений, или предельными состояниями являются своевременность эвакуации, беспрепятственность эвакуации, скорость движения людского потока.

1. Своевременность эвакуации — это необходимость покинуть здание при пожаре до достижения в помещениях и на путях предельно допустимых уровней воздействия на людей ОФП, определяемое динамикой их распространения при различных вариантах функционирования систем защиты ( $t_{эв} < t_{нб}$ ):

$$t_{эв} = t_{н.э} + t_p, \quad (2)$$

где  $t_{эв}$  — значение времени эвакуации последнего из людей в здании;  $t_{н.э}$  — интервал времени от получения сигнала о пожаре до начала эвакуации людей; определяется психофизиологией поведения людей при получении информации о чрезвычайной ситуации;  $t_p$  — расчетное значение максимального времени выхода замыкающей части людского потока с момента начала эвакуации;  $t_{нб}$  — время достижения предельно допустимых уровней воздействия на людей ОФП, определяемое динамикой их распространения.

2. Беспрепятственность эвакуации связана с плотностью людского потока  $D_i$  и достигается отсутствием на путях эвакуации скоплений людей с высокой плотностью  $D_{max}$ , что позволяет сформулировать условие безопасности по беспрепятственности эвакуации:  $D_i < D_{max}$ . При массовых людских потоках длина шага ограничивается и зависит от плотности потоков. Если принять среднюю длину шага взрослого человека  $L = 70$  см, а среднюю длину ступни — 25 см, то

линейная плотность, при которой возможно движение с указанной длиной шага, будет:

$$D_L = 0,7 + 0,25 = 0,95. \quad (3)$$

Плотность людского потока ( $D_i$ ,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ) вычисляется для каждого участка эвакуационного пути по формуле, например, для участка 1:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1}, \quad (4)$$

где  $N_1$  — число людей;  $f$  — средняя площадь горизонтальной проекции человека;  $l_1$  — длина пути;  $\delta_1$  — ширина участка эвакуационного пути. Плотность может в отдельных случаях превышать  $1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

При расчете весь путь движения людского потока разделяется на участки, определяемые длиной и шириной (проход, коридор, дверной проем, проход по балкону, соединяющему коридор с незадымляемым лестничным маршем, лестничный марш, тамбур).

Произведем расчет по формуле (4), где  $N_1 = 25$  человек, в среднем проживающих на одном этаже (на одной площадке), средняя площадь горизонтальной проекции человека  $f = 0,1 \text{ м}^2$  (табл. 2), длина пути по коридору  $l_1 = 10 \text{ м}$ , ширина коридора  $\delta_1 = 2 \text{ м}$ :  $D_1 = \frac{25 \cdot 0,1}{10 \cdot 2} = 0,125 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ,

а по 24 этажам суммарная плотность потока будет  $D_{1-24} = 24 \cdot 0,125 = 3,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Максимальные плотности на участках движения возникают в случае, если величина подходящего людского потока  $P_{i,k}$  больше пропускной способности участка  $Q_{i+1,k}$ . Это означает, что к границе участка  $i+1$  в единицу времени подходит больше людей, чем он может пропустить за это же время:  $P_{i,k} < Q_{i+1,k}$ .

3. Скорость движения людского потока ( $v$ ). Обследования скоростей движения при предельных плотностях показали, что минимальные скорости на горизонтальных участках пути колеблются в пределах от 15 до 17 м/мин. Расчетная

скорость движения, предусмотренная нормами проектирования для помещений с массовым пребыванием людей, принимается равной 16 м/мин и связана с пропускной способностью пути  $Q$ . Нормами установлена пропускная способность дверей шириной до 1,5 м, равная 50 чел./м-мин, а шириной более 1,5 м 60 чел./м-мин (для предельных плотностей), интенсивность движения  $q$ , м/мин, скорость движения при предельных плотностях по лестнице вниз 10 м/мин.

В данном исследовании значение скорости движения людского потока  $v$  по горизонтальному пути на первом участке определяли по табл. 3 в зависимости от плотности  $D_1$  и интенсивности движения  $q_1$ .

При данной плотности потока  $D_1 = 0,125 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , скорости движения  $v_1 = 64 \text{ м/мин}$ , интенсивности  $q_1 = 6,4 \text{ м/мин}$  определяем время  $t_1$  движения по участку 1 (коридор) длиной  $l_1 = 10 \text{ м}$  по формуле:  $t_1 = l_1/v_1 = 10/64 = 0,156 \text{ мин}$ .

Участок 2 (тамбур-шлюз с подпором воздуха):  $l_2 = 4 \text{ м}$ ;  $\delta_2 = 1,5 \text{ м}$ ;  $N_2 = 25$  человек. В дверном проеме интенсивность движения  $q_2 = 6,9 \text{ м/мин}$ , тогда интенсивность движения перед входом составит  $q_{об} = q_2 + q_1 = 6,9 + 6,4 = 13,3 \text{ м/мин}$ . Интенсивность движения в дверном проеме шириной  $h = 0,8 \text{ м}$  тамбур-шлюза будет равна:  $q_{дв} = (q_{об} + \delta_2) = (13,3 + 1,5)/0,8 = 18,5 \text{ м/мин}$ , этот показатель хоть и не превышает  $q_{\text{max}} = 19,6 \text{ м/мин}$ , но близок к критическому, следовательно, в дверном проеме может образоваться скопление людей, которое приведет к задержке движения.

В зданиях с одним незадымляемым эвакуационным выходом допускается расчет времени эвакуации не проводить, а в качестве первоначального участка принять коридор. Время эвакуации по незадымляемым лестничным клеткам при расчете эвакуации из здания учитывать не следует. Число людей на данном участке определяется суммированием для всех помещений.

По вопросу сложности спасения людей и управления эвакуацией в работе [10] отмечено, что "при одновременной эвакуации людей со всех этажей высотного здания в его незадымляемых лестничных клетках через несколько минут образуются на уровне выходов с этажей людские потоки с максимальной плотностью... часть людей долго не может выйти на лестничную клетку, а на выходе из нее поддерживается предельная плотность потока (выше  $5...9 \text{ чел}/\text{м}^2$ ), скорость движения людей становится минимальной и эвакуация растягивается на часы".

Таблица 2

Площадь горизонтальной проекции человека

| Эвакуируемые               | $f$ — средняя площадь горизонтальной проекции человека, $\text{м}^2$ |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Взрослый в домашней одежде | 0,1                                                                  |
| Взрослый в зимней одежде   | 0,125                                                                |
| Подросток                  | 0,07                                                                 |



Таблица 3

Зависимость скорости движения людского потока  $v$  по горизонтальному пути на участке от плотности  $D$  и интенсивности движения  $q$ 

| Плотность потока $D$ , м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> | Горизонтальный путь  |                           | Дверной проем             | Лестница вниз        |                           | Лестница вверх       |                           |
|-------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
|                                                       | Скорость $v$ , м/мин | Интенсивность $q$ , м/мин | Интенсивность $q$ , м/мин | Скорость $v$ , м/мин | Интенсивность $q$ , м/мин | Скорость $v$ , м/мин | Интенсивность $q$ , м/мин |
| 0,01                                                  | 100                  | 1                         | 1                         | 100                  | 1                         | 60                   | 0,6                       |
| 0,05                                                  | 100                  | 5                         | 5                         | 100                  | 5                         | 60                   | 3                         |
| 0,1                                                   | 80                   | 8                         | 8,7                       | 95                   | 9,5                       | 53                   | 5,3                       |
| 0,2                                                   | 60                   | 12                        | 13,4                      | 68                   | 13,6                      | 40                   | 8                         |
| 0,3                                                   | 47                   | 14,1                      | 16,5                      | 52                   | 16,6                      | 32                   | 9,6                       |
| 0,4                                                   | 40                   | 16                        | 18,4                      | 40                   | 16                        | 26                   | 10,4                      |
| 0,5                                                   | 33                   | 16,5                      | 19,6                      | 31                   | 15,6                      | 22                   | 11                        |
| 0,7                                                   | 23                   | 16,1                      | 18,5                      | 18                   | 12,6                      | 15                   | 10,5                      |
| 0,8                                                   | 19                   | 15,2                      | 17,3                      | 13                   | 10,4                      | 13                   | 10,4                      |
| 0,9 и более                                           | 15                   | 13,5                      | 8,5                       | 8                    | 7,2                       | 11                   | 9,9                       |

Так как в среднем в исследуемом жилом доме на одном этаже могут одновременно находиться до 25 человек, данные условия порождают проблему скопления людей, выходящих с этажей и спускающихся по незадымляемой лестнице Н1 со встречающимися эвакуируемыми с нижележащего этажа. В результате, на участках слияния может сформироваться затор.

В таком случае происходят большие скопления людей высокой плотности (7...8 чел/м<sup>2</sup>), ведущие к появлению риска гибели от сдавливания. Кроме того, исследования показывают, что если лифты не были отключены, то большая часть жильцов готова эвакуироваться, используя их.

Нормативная продолжительность эвакуации людей из здания до 5 мин., но высокая плотность потока, обусловленная большим количеством этажей, и низкая скорость движения ведут к увеличению времени эвакуации людей, которое может достигать 40 мин и более. По оценке исследователей для выхода людей из здания требуется пройти по лестнице от 150 м до 1 км в потоке высокой плотности.

Одним из решений рассмотренных проблем является установление алгоритма поэтапной эвакуации с использованием комбинированных способов для достижения максимальной эффективности. При построении системы оповещения высотных зданий сообщение о пожаре подается на этаж возгорания, затем в остальные зоны. Это необходимо для исключения заторов, при стихийной эвакуации большого количества людей, в случае одновременной подачи сигналов системы оповещения.

Пожарная опасность усиливается тем, что в отличие от малоэтажных домов, возрастает

сложность тушения пожара. В данном случае большая скученность автомобилей во дворе может не позволить быстро начать пожарно-спасательные работы.

Важным фактором является отсутствие эффективных средств спасения в связи с особенностями объектов по высоте или невозможностью их использования. Самый высокий в мире пожарный телескопический автогидроподъемник создан финской компанией Bronto "Bronto Skylift F 112 HLA" на базе модифицированного Mercedes-Benz Actros 7660 14×8. Длина вылета конструкции этой лестницы составляет 112 м. Но использовать ее неподготовленному человеку достаточно сложно из-за сильного ветра на большой высоте и других метеорологических и организационно-технических условий, так как лестницу раскачивает назад и вперед. Надо иметь в виду, что даже если лестница была доставлена своевременно, требуется время, чтобы освободить площадку, установить на домкраты, выверить и поднять лестницу.

Чтобы огонь не перешел с этажа на этаж по окнам, в высотках необходимо устанавливать огнеупорные стекла. При соблюдении всех этих правил пожар изначально будет "зажат" между двумя техническими этажами. Так как средств индивидуальной защиты (СИЗ) на исследуемом объекте не предусмотрено, жильцы должны сами заботиться о своей самозащите, а работникам управления ЖК необходимо СИЗ выдавать. На отечественном рынке предлагается потребителям самоспасатели как фильтрующие — газодымозащитный комплект ГДЗК и ГДЗК-У, так и изолирующие — СПИ-20, СИП-1, СПИ-50.



Следует отметить отсутствие культуры пожарной безопасности как составляющей культуры безопасности жизнедеятельности у жильцов. В ГОСТ Р 22.3.08—2014 сказано, что "культура безопасности жизнедеятельности характеризуется уровнем подготовленности в области БЖД и осознанной потребностью в соблюдении норм и правил безопасного поведения" [11]. По мнению авторов, это определение можно было бы сформулировать так: "Культура безопасности жизнедеятельности — это интегративное качество личности, предполагающее сформированную потребность в защите и безопасности и способное, с определенной вероятностью, исключить реализацию потенциальной опасности" [12, 13].

В этих понятиях содержится пять существенных составляющих, а именно: безопасность как личная и социальная ценность, ставшая потребностью; уровень подготовленности человека; степень защищенности; практическая деятельность по снижению рисков; стереотипизация безопасного поведения. Жильцы должны соблюдать правила противопожарного режима и помнить, что в домах запрещается: курить, закрывать материалами воздушные зоны в незадымляемых лестничных клетках; хранить вещи, строительные материалы в коридорах, на эвакуационных балконах и в лестничных клетках; закрывать на замки холлы; размещать автомобили на площадках возле зданий и подъездах к ним, необходимых для проезда пожарной техники и установки пожарных автоматических лестниц; разрешать детям включать противопожарные устройства. При обнаружении каких-либо неисправностей противопожарного оборудования нужно немедленно сообщить об этом в жилищную организацию, обслуживающую дом.

Для поддержания противопожарных устройств в постоянной готовности в случае возникновения пожара обслуживающий ЖК персонал (а также каждый проживающий) должен следить: за исправностью самозакрывающихся дверей с исправными доводчиками и уплотненными притворами; за наличием уплотнительных прокладок (если двери остеклены, стекла должны быть только армированными, с повышенным пределом огнестойкости); за работой автоматики от специальных датчиков (пожарных извещателей) и дистанционных кнопок, включающих вентиляторы дымоудаления во время пожара; за состоянием доступа к балконам, содержанием их свободными от хлама, снега и льда; за пригодностью незадымляемых лестничных клеток к немедленной эвакуации людей, чтобы двери коридоров, в которых

расположены пожарные краны, не закрывались на замки, а ящики внутренних пожарных кранов были укомплектованы рукавами и стволами; кнопки пуска системы противопожарной защиты имели соответствующую маркировку об их назначении ("Пуск пожарного насоса", "Пуск вентилятора противодымной защиты"); чтобы пожарные рукава были сухими, хорошо скатанными и присоединенными к кранам и стволам; за наличием датчиков пожарной сигнализации.

### Заключение

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы и предложения. Пожарное оборудование в ЖК соответствует нормативам, но еще недостаточен уровень культуры безопасности. Большинство случаев возгорания могут быть вызваны халатностью жильцов при соблюдении правил пожарной безопасности (нет понимания источника угроз) или непринятием своевременных мер персоналом ЖК. Можно было бы порекомендовать руководству управления ЖК: для повышения компетентности лиц, ответственных за комплексную (в том числе пожарную) безопасность, при подготовке персонала к организации и управлению эвакуацией давать не только общие рекомендации, без привязки к конкретному зданию, но и указывать специфику конкретного жилого дома, при этом отработать алгоритм действий управления эвакуацией для различных сценариев; в отношении многоквартирного жилого дома (класс Ф1.3) высотой более 75 м и при количестве этажей более 25 необходимо разрабатывать и согласовывать специальные технические условия (СТУ) [14].

Вопрос о пожарной безопасности жителей высотных зданий стоит одним из первых на повестке дня не только у нас в стране, но и за рубежом. И видно не в шутку, а всерьез в одном из номеров американского журнала на фоне высотного здания крупным шрифтом было напечатано ПРОБЛЕМА № 1 — ПОЖАР.

### Список литературы

1. **Спасение** не на высоте: как правильно прыгать с 100-го этажа, спасаясь от пожара // Популярная механика. — 2015. — № 11 (157).
2. **Повзик Я. С.** Справочник руководителя тушения пожара. — М.: ЗАО "СПЕЦТЕХНИКА", 2004. — 361 с.
3. **Мустафин В. М., Пузач С. В.** Влияние начальной освещенности и дымообразующей способности на расчетное время блокирования путей эвакуации по потере видимости // Безопасность жизнедеятельности. — 2020 — № 2. — С. 17—21.



4. **Программа** профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности при осуществлении федерального Государственного пожарного надзора на 2020 год. Утверждена Распоряжением МЧС Российской Федерации от 20 декабря 2019 г. № 755. — М., 2020. — 25 с.
5. **Постановление** Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 "Об утверждении правил противопожарного режима в Российской Федерации".
6. **СП 3.13130.2009** Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. Утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 173.
7. **СП 2.13130.2012** Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. Утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 21 ноября 2012 г. № 693.
8. **Ильницкий С. В., Кузьмина Т. А.** Проект "Чистая пожарно-спасательная часть" в Российской Федерации // Безопасность жизнедеятельности. — 2020. — № 1. — С. 24—30.
9. **СП 52.13330.2011** Естественное и искусственное освещение // Минрегион России. — М.: ОАО "ЦПП", 2011.
10. **Холщевников В. В.** Еще раз о моделировании людских потоков при оценке пожарного риска // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21. — № 9. — С. 61—69.
11. **ГОСТ Р 22.3.08—2014** "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Культура безопасности жизнедеятельности. Термины и определения". Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 июля 2014 г. № 706.
12. **Мальгин Е. Л., Шеметова Е. Г., Листков В. Ю.** Актуальность проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности у студентов в процессе обучения // European Social Science Journal. — 2018. — № 5-2. — С. 170—178.
13. **Шеметова Е. Г., Мальгин Е. Л.** Культура безопасности жизнедеятельности: содержательные аспекты формирования // "Технологии в образовании — 2020": сборник материалов Международной научно-методической конференции, г. Новосибирск, 21—24 апреля 2020 г. / Под ред. Е. В. Добровольской; АНОО ВО Центросоюза РФ "СибУПК". — Новосибирск, 2020. — 446 с.
14. **Вопросы** по пожарной безопасности. URL: [https://www.yandex.ru/1-12.ruvopros/id106/pojaru.net.ruload/spravochnik...tushenija\\_pozhara...](https://www.yandex.ru/1-12.ruvopros/id106/pojaru.net.ruload/spravochnik...tushenija_pozhara...) (дата обращения 15.12.2020).

**E. L. Malgin<sup>1</sup>**, Associate Professor, e-mail: [malgin1954@mail.ru](mailto:malgin1954@mail.ru), **E. G. Shemetova<sup>1</sup>**, Associate Professor, **A. V. Derevyankin<sup>1, 2</sup>**, Associate Professor, Leading Researcher, **G. N. Dolenko<sup>1</sup>**, Professor

<sup>1</sup> Siberian University of consumer cooperation, Novosibirsk

<sup>2</sup> Sibirsky Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region

## Evacuation from High-Rise Buildings in Case of Fire: Assessment of Problematic Factors for Ensuring Safety and Labor Protection

*On the basis of the regulatory framework, research in the field of fire safety, they reviewed the problem of fire safety factors influencing evacuation of tall buildings is presented and evaluated the specificity of the fire security of high-rise buildings, for example, LCD "Four Musketeers" of Novosibirsk, the proposed recommendations*

**Keywords:** safe evacuation, high-rise buildings, fire safety signs, an object with a mass presence of people, evacuation notification and management, fire detectors, smoke removal system

### References

1. **Salvation** is not at a height: how to properly jump from the 100th floor, escaping from a fire. *Popular Mechanics*. 2015. No. 11 (157).
2. **Povzik Ya. S.** Handbook of the head of fire extinguishing. Moscow: ZAO "SPETSTEKHNIKA", 2004. 361 p.
3. **Mustafin V. M., Puzach S. V.** Influence of the initial illumination and smoke-forming ability on the estimated time of blocking evacuation routes by loss of visibility. *Life safety*. 2020. No. 2. P. 17—21.
4. **The program** of prevention of violations of mandatory requirements in the field of fire safety in the implementation of the federal State fire supervision for 2020. Approved by the Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation of December 20, 2019 No. 755. Moscow, 2020. 25 p.
5. **Resolution** of the Government of the Russian Federation No. 1479 of 16.09.2020 "On approval of the rules of the fire regime in the Russian Federation".
6. **СП 3.13130.2009** Fire protection systems. Warning system and management of evacuation of people in case of fire. Fire safety requirements. Approved and put into effect by the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia of March 25, 2009. No. 173.
7. **СП 2.13130.2012** Fire protection systems. Ensuring the fire resistance of protection objects. Approved and put into effect by the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia of November 21, 2012. No. 693.
8. **Инитский С. В., Кузьмина Т. А.** Project "Clean fire and rescue unit" in the Russian Federation. *Life safety*. 2020. No. 1. P. 24—30.
9. **СП 52.13330.2011** Natural and artificial lighting / Minregion of Russia. Moscow: JSC "CPP", 2011.
10. **Kholshchevnikov V. V.** Once again on the modeling of human flows in the assessment of fire risk. *Pozharovzryvobezopasnost*. 2012. Vol. 21. No. 9. P. 61—69.
11. **ГОСТ Р 22.3.08—2014** Safety in emergency situations. Culture of life safety. Terms and definitions. Approved and put into effect by the order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of July 09, 2014 No. 706-ст.
12. **Malgin E. L., Shemetova E. G., Listkov V. Yu.** Relevance of the problem of forming a culture of life safety in students in the learning process. *European Social Science Journal*. 2018. No. 5-2. P. 170—178.
13. **Shemetova E. G., Malgin E. L.** Culture of safety: essential aspects of formation. *Technologies in education—2020: a collection of materials of International scientific conference*, Novosibirsk, Russia, 21—24 April 2020 / Ed. by E. V. Dobrovolskaya; АНОО ВО Центросоюза of the Russian Federation "of SibUPK". Novosibirsk, 2020. 446 p.
14. **Questions** on fire safety. URL: [https://www.yandex.ru/1-12.ruvopros/id106/pojaru.net.ruload/spravochnik...tushenija\\_pozhara](https://www.yandex.ru/1-12.ruvopros/id106/pojaru.net.ruload/spravochnik...tushenija_pozhara) (date of access 15.12.2020).

УДК 504/574

**В. В. Дроздов**, канд. геогр. наук, доц., зав. кафедрой, e-mail: vladidrozдов@yandex.ru,  
**А. Я. Лисовский**, ассистент кафедры, e-mail: andrew.lisovsky@gmail.com,  
Российский государственный гидрометеорологический университет,  
Санкт-Петербург

## Шумовое загрязнение среды при судоходстве и экологическая безопасность экосистем

*Рассмотрены основные международные нормативные требования в отношении снижения шумового загрязнения среды при судоходстве. Проанализированы особенности шумового воздействия среды на водные организмы — рыб и млекопитающих. Обобщены источники техногенных подводных шумов, способных оказывать негативное воздействие на состояние биологических объектов, в том числе промысловых рыб. Представлены результаты оценки уровня атмосферного шума, связанного с судоходством, на примере района морского канала порта Санкт-Петербург. Обосновано, что организационные, конструкторские и технологические решения, направленные на снижение шумового загрязнения среды при судоходстве, должны стать важной частью комплекса мероприятий по обеспечению экологической безопасности морских экосистем и прибрежной зоны.*

**Ключевые слова:** судоходство, техногенные источники подводного шума, влияние подводного шума на водные организмы, экологическая безопасность

### Введение

Акватория Мирового океана представляет собой систему взаимодействующих между собой физических полей, в том числе шумов, оказывающих влияние на различные живые организмы. Природными источниками шумов являются: морские волнения, шумы, возникающие при взаимодействии волн с берегом; шумы сейсмического и биологического происхождения. Основными источниками подводных техногенных шумов служат: работающие судовые двигатели и гребные винты, турбулентные потоки в пограничном слое при обтекании корпуса судов, процессы морской сейсморазведки, дноуглубительные работы, деятельность ледоколов. В целом, акустический уровень шума естественной морской среды составляет от 55 до 85 дБ, тогда как уровень техногенного шума может достигать 150...250 дБ [1—7]. Исследования показывают, что за последние 40 лет подводный шум на частотах от 10 до 50 Гц в прибрежных зонах Мирового океана возрос в среднем на 10...12 дБ, а на морских трассах — на 10 дБ [8—10].

Экологическая безопасность — это состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной

деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Очевидно для обеспечения необходимого уровня экологической безопасности водных экосистем, как морских, так и пресноводных, являющихся магистральями для судов, необходимо учитывать уровень оказываемого ими неблагоприятного шумового воздействия.

### 1. Международные требования в отношении шумового загрязнения водной среды при судоходстве

В начале 2000-х гг. международная межправительственная морская организация (International Maritime Organization — ИМО), членом которой наша страна является с 1959 г., призвала государственные структуры и промышленность провести оценку национальных коммерческих флотов для выявления наиболее шумных судов и совершенствования их конструкции для уменьшения шумоизлучения. В 2008 г. ИМО приняла программу работ "Шум от коммерческого судоходства и его влияние на морскую фауну", имеющей целью разработку рекомендаций по снижению шумности коммерческих судов. На фоне нарастающей угрозы шумового загрязнения океана в 2014 г. ИМО было

принято "Руководство по сокращению подводного шума, создаваемого торговыми судами, для преодоления его отрицательного воздействия на морскую флору и фауну". Руководство затрагивает технические параметры судов, не имеет обязательной силы, а носит скорее рекомендательный характер.

Международный Совет по исследованию моря (International Council for the Exploration of the Sea — ICES), одной из функций которого является изучение последствий антропогенного влияния на морские экосистемы, также озабочен данной проблемой [8]. На основе результатов экспериментальных исследований были выработаны рекомендации ICES, согласно которым уровень шума рыболовных научно-исследовательских судов на частотах ниже 10 кГц не должен превышать порог восприятия рыбами шума на расстоянии 20 м. При этом дистанция реагирования рыб на шум судна существенно варьируется от 40 до 500 м и более, но чаще от 100 до 200 м в зависимости от слуховых способностей рыб, времени суток, физиологического состояния рыб, уровня шума и условий окружающей среды. Реакция рыб сопровождается стремлением выйти из шумового поля [9—15].

## 2. Особенности шумового воздействия на водные организмы

Большинство видов рыб обладают достаточно развитой слуховой системой, позволяющей им воспринимать звуковые колебания и определять направление на их источник в широком интервале частот и на значительных расстояниях [5—10, 16—19]. Восприятие акустических колебаний у рыб обеспечивается структурами внутреннего уха (лабиринта) и органов боковой линии. Диапазон воспринимаемых частот у разных рыб составляет от 0,1 Гц до 2 кГц, чаще всего до 1 кГц, а иногда до 4 кГц.

Важнейшие виды промысловых рыб, такие как атлантическая треска (*Gadus morhua*), сельдь (*Clupea harengus*), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*), сайда (*Pollachius virens*), морская камбала (*Pleuronectes platessa*) и другие обладают высокой чувствительностью к подводным звукам в диапазоне частот от 0,1 Гц до 1,2 кГц в зависимости от вида, с максимумами в области от 20 до 300 Гц. Наибольшая чувствительность к звуку для сельди составляет около 75 дБ в области от 20 Гц и 1,2 кГц, для трески — от 100 до 300 Гц. Чувствительность к шуму может увеличиваться пропорционально размеру,

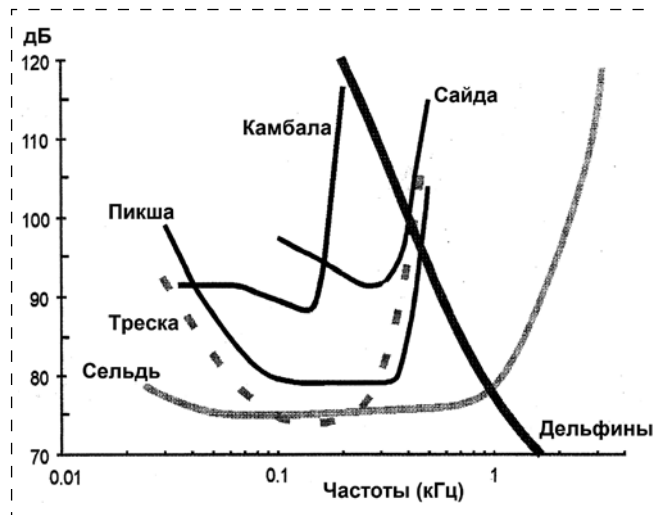


Рис. 1. Пороговые значения величин ощущения звукового давления в зависимости от частоты звуковых сигналов для различных видов рыб и дельфинов (по данным работы [10])

возрасту рыбы, особенно для тех из них, которые обладают плавательным пузырем (тресковые, сельдевые и др.) [8—10, 13—15]. На рис. 1 представлены пороги ощущения звукового давления для различных видов рыб (относительно 1 мПа).

Донные рыбы, не имеющие плавательного пузыря, например камбаловые, наименее чувствительны к акустическому воздействию звуковых волн. Значительные изменения в уровне звукового давления приводят к избеганию рыбами зоны шумового воздействия. Результаты исследований показывают, что сельди меняли направление движения и уходили от источника звука. Рыбы реагировали на звуки 144 дБ при частоте 80 или 92 Гц. Однако при повышении частоты звука его пороговый уровень был на 5 дБ выше при такой же ответной реакции [1, 2, 13]. В целом, реакции, связанные со стремлением рыб избежать воздействия, довольно различны и зависят от вида рыб, стадии жизненного цикла, особенностей поведения, времени суток, физиологического состояния, а также от характеристик распространения звука в воде.

В процессе проведения сейсмосьемок со специализированных судов были установлены важные факты поведенческих реакций на звук, которые могут наблюдаться на значительном расстоянии до нескольких километров (до 1,5...7, иногда более 10 км) от района работы судна. Наименьшее расстояние реакции избегания рыбами района работ составляет около 1000 м. Пороговые значения уровня звука, при которых наблюдается эта реакция, определены от 160 до 180 дБ [11—15]. Восстановление естественной структуры скопленный рыб происходит обычно не раньше чем через

Таблица 1

**Физиологические реакции рыб на воздействие сигналов батарей ПИ при морской сейсморазведке в зависимости от их интенсивности (по данным работы [11])**

| Звуковое давление сигнала, дБ, относительно 1 $\mu$ Па | Реакция рыб на воздействие |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|
| 192                                                    | Временный шок              |
| 200                                                    | Внутренние повреждения     |
| 220                                                    | Поражение икры и личинок   |
| 230...240                                              | Гибель рыб                 |

1—3 дня после прекращения воздействия звука. Поэтому морская сейсморазведка может создавать проблемы для рыболовства, а в прибрежных районах, где имеются нерестовые реки, препятствовать заходу проходных рыб на нерест [11]. В табл. 1 представлены физиологические реакции рыб на акустическое воздействие сигналов батарей пневмоисточников (ПИ) при морской сейсморазведке.

Звуковое давление сигнала при применении батарей ПИ может достигать 260...262 дБ относительно 1  $\mu$ Па на расстоянии 1...3 м, т. е. оказывать на рыб летальное воздействие. Применительно к воздействию звуков ПИ на икру и личинок рыб также были обнаружены негативные эффекты. Их гибель отмечается при 230...240 дБ относительно 1  $\mu$ Па на расстоянии 1...5 м [11, 12]. При этом смертность рыб существенно снижается при росте расстояния от ПИ, как видно из рис. 2.

Имеются результаты негативного воздействия подводного шума от пневмоисточников на головоногих моллюсков [6]. В 2001 и 2003 гг. были зафиксированы два случая выбрасывания на берег (северное побережье Испании) атлантических гигантских кальмаров (*Architeuthis dux*) во время проведения в Бискайском заливе сейсмических съемок.

Поведенческие реакции японского четырехглазого осьминога (*Octopus ocellatus*) изучали при

звуковым воздействием 120 дБ на 1  $\mu$ Па, с различными частотами: 50, 100, 150, 200 и 1000 Гц [6]. Дыхательная активность осьминога изменялась (подавлялась) под действием звука в диапазоне 50...150 Гц. Получены оценки негативного влияния подводных шумов на пелагических [5] и донных [9] ракообразных.

Имеются данные о характере воздействия техногенных подводных шумов на морских млекопитающих [17], в частности в акваториях Баренцева моря [3, 4]. Из-за активного судоходства в Баренцевом море, а также разработки ресурсов арктического шельфа уровень шумов, вызванных антропогенными процессами, оценивается как достаточно высокий. Отмечено угнетающее действие повышенного шума фоновой природы на поведение нерп. Показано, что использованные параметры шумового воздействия с частотой 600 Гц оказывают существенное раздражающее, тревожащее воздействие на ластоногих [4, 16].

Подобные проблемы могут быть свойственны и Балтийскому морю, которое подвержено интенсивному антропогенному воздействию. При этом Финский залив является одной из акваторий, подвергающихся наиболее существенному шумовому загрязнению в процессе судоходства, дноуглубительных работ и деятельности крупных портов. В зимний период ледоколами могут взламываться льды, на которых тюлени размножаются [19].

В 2018 г. в акватории России, Финляндии и Эстонии учтены только 113 особей нерпы [19]. Изначально сокращение численности нерп было связано с загрязнением окружающей среды, развитием рыболовства и охоты на тюленей. На современном этапе основными лимитирующими факторами считаются потепление климата, загрязнение окружающей среды и возрастающий фактор беспокойства, в том числе шумового.

Телеметрические исследования с установкой на нерпах GPS-датчиков позволяют собирать наи-

более полную информацию о поведении нерп и характере их перемещений. Работы по программе "Изучение балтийской кольчатой нерпы в Финском заливе методом телеметрии" в партнерстве с компанией Nord Stream 2 AG начаты в 2017 г. В том же году отловлены и помечены 9 (3 самки и 6 самцов) особей кольчатой нерпы. В 2018 г. отловлены и помечены 2 самки кольчатой нерпы. Одиннадцать

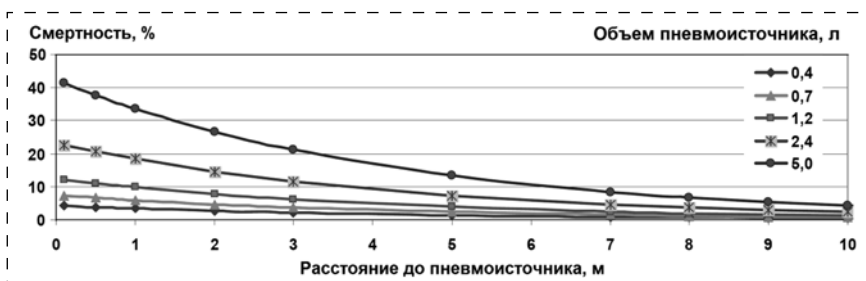
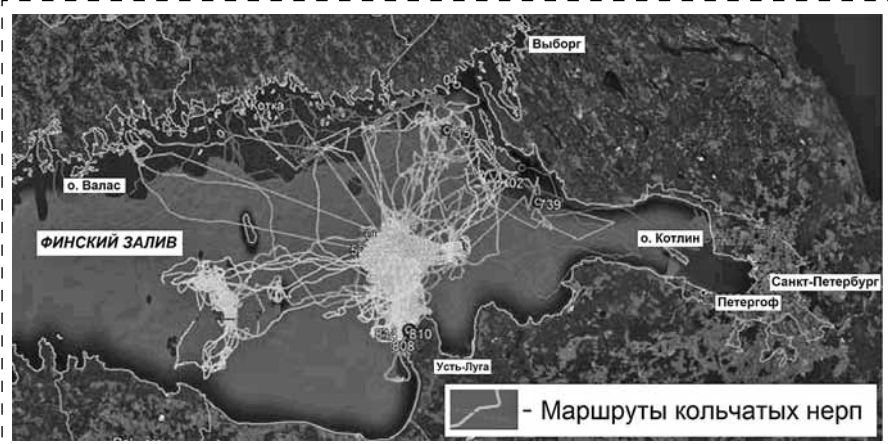


Рис. 2. Экспоненциальное уменьшение смертности икры рыб при удалении от пневмоисточника, используемого при морской сейсморазведке, объемом от 0,4 до 5 л (по данным работы [11])



северному берегу в водах Финляндии в районе о. Валас (25,745° в.д.). Самая восточная точка была отмечена в осенний период 2014 г. до появления льда севернее о. Котлин восточнее северной части дамбы (29,948° в.д.). В безледный период, с мая по октябрь, все меченые животные обитали в южной части Финского залива. В конце августа—сентябре нерпы начинали образовывать залежки. Кормились они в районе островов: Мощный, Малый, Малый Тютерс, Сескар и Островной и рифов: Кургальский и Кискольский.

Рис. 3. Акватория восточной части Финского залива, использовавшаяся мечеными балтийскими кольчатыми нерпами (по данным работы [19])

помеченных животных составляют примерно 10 % всей популяции [19, 20].

Результаты исследований 2017—2018 гг. и предварительные данные 2018—2019 гг. показали, что все меченые животные оставались в Финском заливе в акватории трех стран: России, Финляндии и Эстонии, как видно на рис. 3, самая западная точка в маршруте нерпы была отмечена зимой по

На рис. 4 представлены основные маршруты следования судов в Балтийском море в январе 2020 и 2021 гг. [21].

Сравнивая данные рис. 3 и 4, можно сделать вывод о том, что обнаруженные маршруты миграции балтийской кольчатой нерпы располагаются вблизи судоходных трасс и некоторых портовых комплексов, в частности к северо-западу от крупного универсального порта

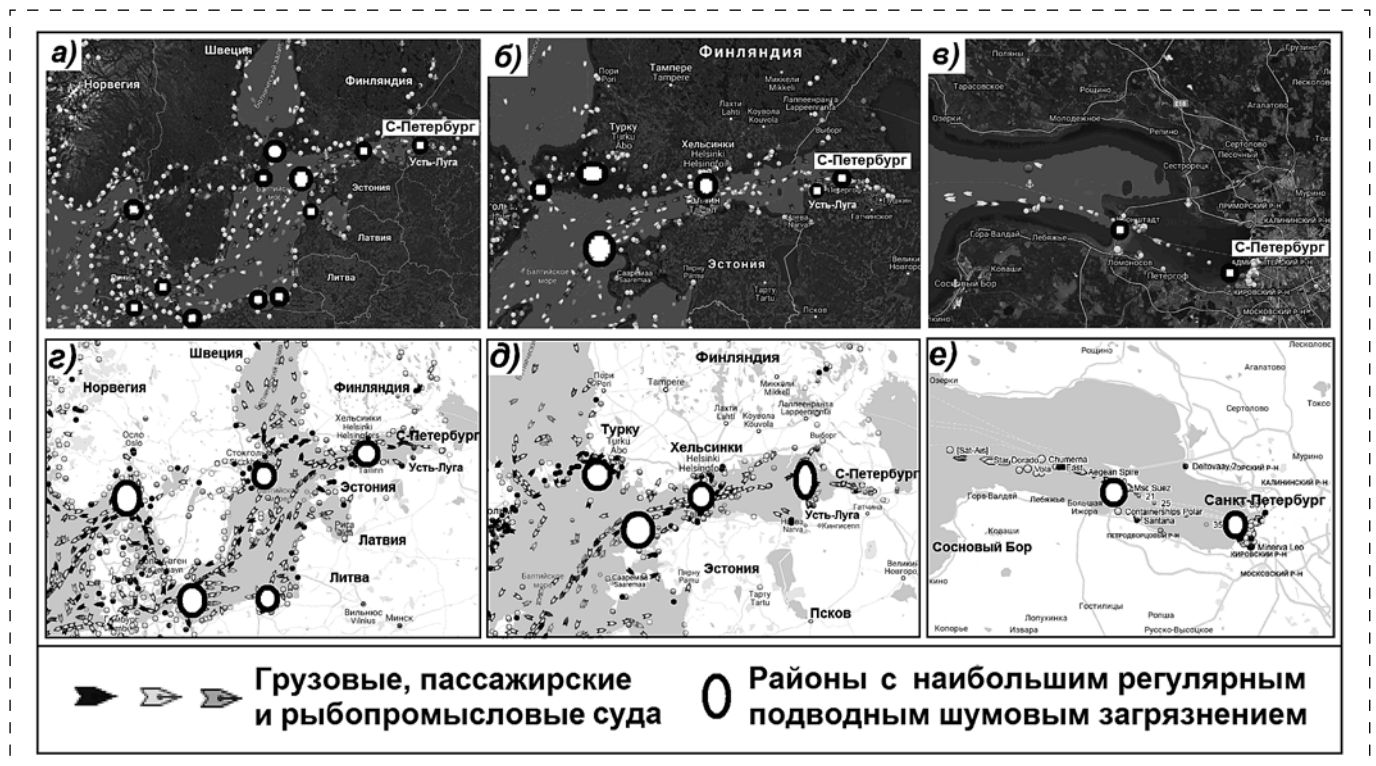


Рис. 4. Основные маршруты следования судов в середине января 2020 и 2021 гг. на акваториях Балтийского моря: а — в масштабе всего Балтийского моря в январе 2020 г.; б — в центральной части моря и в Финском заливе в январе 2020 г.; в — в восточной части Финского залива в январе 2020 г.; д — в масштабе всего Балтийского моря в январе 2021 г.; е — в центральной части моря и в Финском заливе в январе 2021 г.; ж — в восточной части Финского залива в январе 2021 г.

Усть-Луга. В связи с этим можно предположить, что шумовое загрязнение подводной среды оказывает существенное влияние на распределение и физиологическое состояние данного охраняемого вида морского млекопитающего.

### 3. Техногенные источники подводного шума в качестве экологического фактора

Основными источниками подводного шума судов являются главные судовые двигатели, гребные винты и турбулентные потоки вдоль корпуса судна. Шум этих источников вносит свой вклад в формирование гидроакустического поля судна, воздействующего на слуховые рецепторы гидробионтов.

Шум судовых двигателей через фундаменты и элементы механизмов, имеющие соединение с корпусом судна, передается в воду и распространяется в ней на значительные расстояния. При этом вибрации корпуса судна нельзя рассматривать как колебание единого тела, поскольку отдельные его части генерируют ряд дискретных составляющих от находящихся вблизи отдельных источников на различных частотах с различными амплитудами и могут рассматриваться как системы с распределенными параметрами. Вращение гребного винта — преобладающий источник шума ниже 100 Гц. Частота ряда дискретных составляющих шума определяется частотой вращения лопастей винта, равной частоте вращения вала, умноженной на число лопастей. При определенной частоте вращения винта, которая называется критической, на отдельных участках его лопастей давление воды падает ниже гидростатического и в жидкости образуются полости (пустоты), которые заполняются растворенным в воде воздухом, превращаясь в пузырьки различных размеров. Попадая в область повышенного давления, пузырьки резко схлопываются, что сопровождается интенсивным шумообразованием. Возникает явление кавитации. Такой шум представляет собой громкое "шипение" в широком спектре частот с максимумом в диапазоне 100...1000 Гц [1]. Увеличение числа лопастей винта уменьшает давление на лопасти и соответственно риск возникновения кавитации. Наиболее удовлетворительный результат для большинства судов получен при использовании винта из пяти лопастей.

Существенным источником низкочастотного шума судна (низкие звуковые частоты) является турбулентный шум, обусловленный пульсациями скорости и давления в турбулентном потоке при обтекании корпуса судна. С увеличением скорости обтекания интенсивность турбулентного

шума существенно возрастает, кроме того, он суммируется с кавитационным.

Согласно проведенным измерениям в Тихоокеанском филиале Всероссийского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) [1, 15] применительно к двум научно-исследовательским судам (НИС) проекта "Атлантик-833": "ТИНРО" и "Профессор Кагановский", выполняющих тралово-акустические съемки биологических ресурсов в дальневосточных морях, наибольший уровень шума зарегистрирован вблизи траверса судов. Шумы обоих судов в 1/3-октавных полосах частот превышают рекомендуемый ICES уровень для научно-исследовательских судов, ведущих учет численности рыб, на 20...22 дБ в диапазоне частот ниже 200 Гц и на 10 дБ на частотах выше 500 Гц. В диапазоне частот максимальной слуховой чувствительности рыб суда "ТИНРО" и "Профессор Кагановский" по уровню излучаемого шума занимают промежуточное положение между судном типа рыболовного траулера морозильного (супер) (РТМС) проекта "Прометей" и НИС "Миллер Фримен" (США) и превышают шум НИС "Оскар Дайсон" (США) с дизель-электрическим приводом на 18...24 дБ (полоса 1 Гц).

Измеренные характеристики гидроакустического поля судов Тихоокеанского филиала "Всероссийского института рыбного хозяйства и океанографии" целесообразно использовать в моделях поведения рыб для решения задач оценки взаимодействия объектов с системой судно—трал и при разработке программных средств компенсации потерь энергии эхосигнала при эхоинтеграционной оценке запасов и определении уловистости трала. Установлено, что расстояния реагирования лососей на шумы научно-исследовательских судов данного учреждения не превышают рекомендованные ICES 20 м во всем диапазоне частот [14, 15].

Отдельный источник антропогенного шума в арктических широтах — ледоколы. К общему шумовому фону, создаваемому работой двигателей, добавляется звук ломающегося ледяного покрова. Северный морской путь (СМП) становится все более востребованным. По российскому арктическому побережью строятся и модернизируются порты, способные обслуживать большие суда. Увеличение общего объема судоходства, дальности перевозок, изменение флота в пользу более крупных и шумных кораблей, достаточно интенсивная сейсморазведка позволяет прогнозировать увеличение уровня антропогенного шума от судов на 30...50 % к 2030 г.

#### 4. Натурные наблюдения за шумом

Выполнены натурные наблюдения за шумами на станциях вдоль Морского канала порта Санкт-Петербург, Канонерский остров, Путиловская набережная. На рис. 5 представлена иллюстрация Морского канала с проходящей над ним эстакадой трассы Западного автомобильного скоростного диаметра, которая является дополнительным источником шума. На рис. 6 показана схема расположения станций наблюдений.

Наблюдения за шумом в атмосфере вдоль Морского канала, в периоды прохождения через него торговых и пассажирских судов, выполнялись с помощью цифрового анализатора-шумомера "Мегеон 92131". Измерения выполнялись на основе ГОСТ 31329—2006 (ИСО 2922:2000) [22] при каждом проходе судна от момента, когда шум приближающегося судна впервые превосходит фоновый шум, до момента, когда шум уходящего судна уже не различается в фоновом шуме. Расстояние от шумомера до корпуса судна составляло 30...40 м.

Точка наблюдений № 1 располагалась на удалении от Морского канала, вблизи о. Белый,



Рис. 5. Морской канал порта Санкт-Петербург, Путиловская набережная. Эстакада автомобильной магистрали Западного скоростного диаметра над Морским каналом



Рис. 6. Расположение точек измерения атмосферного шума вдоль Морского канала порта Санкт-Петербург

где судоходные пути для транспортных судов не предусмотрены. Выбор расположения данной станции был обусловлен необходимостью провести сравнительный анализ шума в районах, располагающихся в непосредственной близости от проходящих судов (точки наблюдений № 2, 3, 4, 5, 6) и на относительном удалении от них. Шум фона в каждой точке наблюдений измерялся путем определения среднего значения на основе 30 измерений через каждые 30 с в периоды отсутствия прохождения судов по Морскому каналу.

В качестве наземных источников фонового шума можно выделить два основных — проезд автомобильного транспорта вдоль Путиловской набережной со средней интенсивностью не более 50 машин в час и шумоизлучением от эстакады автомобильной магистрали Западного скоростного диаметра, наиболее заметным в точке наблюдений № 3. Точки наблюдений № 5 и 6 располагались за пределами автомобильной трассы Путиловской набережной, и автомобильный шум здесь уже практически не играл своей роли, поэтому установленные значения фонового шума здесь оказались сниженными.

Измерения проводились в течение 12 дней (по 2 дня на каждую станцию) в октябре 2020 г., с 10 до 17 часов. В течение каждого дня регистрировалось прохождение по Морскому каналу от 13 до 16 торговых и пассажирских судов. Были рассчитаны средние значения времени превышения фонового шума при прохождении судна за 2 дня на каждой станции, а также максимальные значения превышения фона за это время. Результаты представлены в табл. 2. Удалось установить, что атмосферный шум, формирующийся

Таблица 2

Результаты натурных наблюдений за уровнем шума на станциях вблизи Морского канала порта Санкт-Петербург

| № точки наблюдений | Шум фона (среднее значение), дБ | Среднее значение времени превышения фонового шума при прохождении судна, мин | Максимальное значение превышения фонового шума, дБ |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                  | 53                              | —                                                                            | —                                                  |
| 2                  | 60                              | 5                                                                            | 10                                                 |
| 3                  | 65                              | 5,5                                                                          | 11                                                 |
| 4                  | 57                              | 5,5                                                                          | 10                                                 |
| 5                  | 54                              | 5                                                                            | 9                                                  |
| 6                  | 52                              | 4                                                                            | 8                                                  |



при прохождении крупнотоннажных торговых и пассажирских судов, приводит к превышению фоновых значений шума на Путиловской набережной на 15...17 %. При этом, вероятно, оказывается соответствующее воздействие и на уровень подводного шума.

Согласно санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562—96 [23] допустимым уровнем шума считается звук, который при длительном воздействии на слуховой аппарат человека не превышает 55 дБ в светлое время суток (с 7 до 23 ч) и 45 дБ ночью (с 23 до 7 ч).

### Заклучение

Характеристики уровней допустимого шумового воздействия на морские экосистемы включены в ряд национальных и международных директив. Наименее шумными в гражданском флоте должны быть рыболовные и рыбопоисковые суда, чтобы не отпугивать своим шумоизлучением вылавливаемые или искомые скопления рыб. С учетом рекомендаций ICES по шумовому воздействию в настоящее время в мире уже построено свыше 40 научно-исследовательских судов нового поколения, использующих для снижения шума электродвижение, фиксированный шаг гребного винта и другие особенности, которые рекомендуется учитывать при проектировании отечественных судов.

Акустические характеристики порта должны являться важной составляющей при оценке вредного воздействия от деятельности предприятия на окружающую среду. Оценку подводного и атмосферного шума при судоходстве в прибрежной морской зоне, на внутренних водных путях и в портах целесообразно производить в процессе экологического мониторинга в качестве обязательной части программы наблюдений.

Выполнение предприятиями морской хозяйственной отрасли требований по соблюдению санитарных норм шума на территории порта будет весьма способствовать решению проблемы шумового загрязнения подводных и наземных экосистем в прибрежной зоне. Кроме того, это обеспечит снижение шумовой нагрузки на персонал портов и жителей прилегающей жилой зоны. Учет международных и национальных требований и стандартов в области снижения шумового загрязнения среды при судоходстве и функционировании прибрежных промышленных предприятий является важным шагом на пути к комплексному обеспечению экологической безопасности морских экосистем.

### Список литературы

1. Кузнецов М. Ю., Вологдин В. Н. Гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и их влияние на поведение и оценки запасов рыб (обзор и перспективы исследований) // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 157. — С. 334—355.
2. Лисовский А. Я. Шумовое загрязнение подводной среды в процессе осуществления морской хозяйственной деятельности // Сборник материалов XX Международный экологический форум "День Балтийского моря". 2019. — С. 246—249.
3. Михайлюк А. Л. Техногенное шумовое загрязнение Баренцева моря и его влияние на биологию кольчатой нерпы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. — Мурманск, 2012. — 24 с.
4. Шавыкин А. А., Вашенко П. С., Карнатов А. Н., Калинин А. Н., Белянкова Т. И. Оценка влияния на окружающую среду сейсмоакустических исследований в мелководных районах (на примере Тазовской Губы Карского моря) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2010. — № 8. — С. 11—17.
5. Assessment of effects from seismic with ocean bottom cable on fishes and marine zooplankton / Universidade Federal do Paran, Brasil, 2004. — 173 p.
6. Kaifu K., Segawa S., Tsuchiya K. Behavioral responses to underwater sound in the small benthic octopus *Octopus ocellatus* // Journal of the Marine Acoustical Society of Japan. — 2007. — No. 34. — P. 46—53.
7. Komak S., Boal J. G., Dickel L., Budelmann B. U. Behavioural responses of juvenile cuttlefish (*Sepia officinalis*) to local water movements // Marine and Freshwater Behaviour and Physiology. — 2005. — No. 38. — P. 117—125.
8. Mitson R. B. Research vessel standards: underwater radiated noise, Theme Session: Use of Marine Research Vessels in ICES — Options for the Future, Session J:10, CM 2002. URL: <http://www.ices.dk/sites/pub/CM%20Documents/2002/J/J1002.PDF> (дата обращения 28.05.2020).
9. Parry G. D., Gason A. The effect of seismic surveys on catch rates of rock lobsters in western Victoria, Australia // Fisheries Research. — 2006. — No. 79. — P. 272—284.
10. Scientific synthesis on the impacts of underwater noise on marine and coastal Biodiversity and Habitats / Convention on Biological Diversity: Executive summary. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Sixteenth meeting. — Montreal, 30 April — 5 May 2012. — 93 p.
11. Семенов В. Н., Зуенко Ю. И., Атаманова И. А., Мухаметова О. Н., Зеленихина Г. С., Архипов Б. В., Корниенко А. Б. Методическое пособие по оценке размера вреда водным биоресурсам при сейсмозазвездке и электроразведке. — М.: Изд-во ВНИРО. — 2016. — 86 с.
12. Муравейко В. М., Зайцев В. Б., Тимашова Л. В., Ивакина Ю. И. Действие групповых пневмоисточников на сетчатку личинок трески // ДАН. — 1992. — Т. 323. — № 3. — С. 407—410.
13. Кузнецов М. Ю. Дистанции реагирования различных видов рыб на гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и допустимые уровни шума // Известия ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 157—176.
14. Кузнецов М. Ю., Шевцов В. И., Поляничко В. И. Характеристики гидроакустического шума научно-исследова-



- тельских судов ТИНРО-Центра // Известия ТИНРО. — 2014. — Т. 177. — С. 235—256.
15. **Кузнецов М. Ю., Поляничко В. И., Убарчук И. Б., Сыроваткин Е. В.** Влияние гидроакустического шума судна на эхоинтеграционные оценки запасов рыб и уловистость учетного трала (на примере минтая Охотского моря) // Известия ТИНРО. — 2017. — Т. 190. — С. 85—100.
  16. **Матишов Г. Г., Войнов В. Б., Вербицкий Е. В., Михайлюк А. Л., Трошичев А. Р., Гладких А. С., Светочев В. Н.** Морские млекопитающие в биотехнических системах двойного назначения. — Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2010. — 131 с.
  17. **Богословская Л. С., Солнцева Г. Н.** Слуховая система млекопитающих (сравнительно-морфологический очерк). — М.: Наука, 1979. — 240 с.
  18. **Михайлюк А. Л., Войнов В. Б.** Перестройки поведения и параметров высшей нервной деятельности кольчатой нерпы в ответ на шумовое акустическое воздействие // Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов по материалам 7 Международной конференции. — Суздаль, 2012. — С. 135—136.
  19. **Веревкин М. В., Юсси М., Николс К.** Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой // Сборник материалов XX Международного экологического форума "День Балтийского моря" 21—22 марта 2019 г. — Санкт-Петербург. — С. 158—165.
  20. **Официальный сайт.** Российский Совет по Международным делам. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/regulirovanie-shumovogo-zagryaznenie-v-arktike/> (дата обращения 28.05.2020).
  21. **Официальный сайт.** Транспортно-экспедиционная компания "Кредо-Транс". URL: [http://www.credotrans.ru/ru/port\\_forwarding/fidernye\\_linii\\_v\\_portu\\_spb/dvijenie\\_sudov\\_v\\_portu\\_spb](http://www.credotrans.ru/ru/port_forwarding/fidernye_linii_v_portu_spb/dvijenie_sudov_v_portu_spb) (дата обращения 11.01.2021).
  22. **ГОСТ 31329—2006 (ИСО 2922:2000)** Межгосударственный стандарт. Шум. Измерение шума судов на внутренних линиях и портах.
  23. **СН 2.2.4-2.1.8.562—96.** Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

**V. V. Drozdov**, Associate Professor, Head of Department, e-mail: [vladidrozdvoy@yandex.ru](mailto:vladidrozdvoy@yandex.ru),  
**A. Ya. Lisovsky**, Assistant of Department, e-mail: [andrew.lisovsky@gmail.com](mailto:andrew.lisovsky@gmail.com),  
Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg

## Noise Pollution in Shipping and Ecological Safety of Ecosystems

*The main international regulatory requirements for the reduction of noise pollution in shipping in relation to commercial, passenger, research and fishing vessels were considered. The features of noise effects on aquatic organisms - fish, mammals and some invertebrates - were analyzed. Sources of man-made underwater noises that can have a negative impact on the state of various biological species, including the efficiency of spawning of commercial fish and reproduction of marine mammals, are considered and summarized. The results of estimation of atmospheric noise level related to navigation on the example of the area of sea channel of the port of St. Petersburg are presented. It is justified that organizational, design and technological solutions aimed at reducing noise pollution in shipping should become an important part of the package of measures to ensure the environmental safety of marine ecosystems and the coastal zone. The assessment of underwater and atmospheric noise during navigation in the coastal sea zone, inland waterways and ports is advisable in the process of environmental monitoring as a mandatory part of the observation programme.*

**Keywords:** shipping, man-made sources of underwater noise, the effect of underwater noise on aquatic organisms, environmental safety

### References

1. **Kuznecov M. Y., Vologdin V. N.** Гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и их влияние на поведение и оценки запасов рыб (обзор и перспективы исследования). *Izvestiya TINRO*. 2009. Vol. 157. P. 334—355.
2. **Lisovskii A. Y.** Шумовое загрязнение подводной среды в процессе осущестствления морской хозяйственной деятельности. *Sbornik materialov XX Mezhdunarodnyj ekologicheskij forum "Den' Baltijskogo morya"*, 2019. P. 246—249.
3. **Mihajlyuk A. L.** Tekhnogennoe шумовое загрязнение Баренцева моря и его влияние на биологию кольчатой нерпы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Мурманск, 2012. 24 p.
4. **Shavykin A. A., Vashenko P. S., Karnatov A. N., Kalinchuk A. N., Belyankova T. I.** Оценка влияния на окружающую среду сейсмоакустических исследований в мелководных районах (на примере Тазовской Губы Карского моря). *Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse*. 2010. No 8. P. 11—17.
5. **Assessment** of effects from seismic with ocean bottom cable on fishes and marine zooplankton. Universidade Federal do Paraná, Brasil. 2004. 173 p.
6. **Kaifu K., Segawa S., Tsuchiya K.** Behavioral responses to underwater sound in the small benthic octopus *Octopus ocellatus*. *Journal of the Marine Acoustical Society of Japan*. 2007. No. 34. P. 46—53.
7. **Komak S., Boal J. G., Dickel L., Budelmann B. U.** Behavioral responses of juvenile cuttlefish (*Sepia officinalis*) to

- local water movements. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 2005. No. 38. P. 117–125.
8. **Mitson R. B.** Research vessel standards: underwater radiated noise, Theme Session: Use of Marine Research Vessels in ICES — Options for the Future, Session J:10, CM 2002. URL: <http://www.ices.dk/sites/pub/CM%20Documents/2002/J/J1002.PDF> (date of access 28.05.2020).
  9. **Parry G. D., Gason A.** The effect of seismic surveys on catch rates of rock lobsters in western Victoria, Australia. *Fisheries Research*. 2006. No. 79. P. 272–284.
  10. **Scientific synthesis** on the impacts of underwater noise on marine and coastal Biodiversity and Habitats / Convention on Biological Diversity: Executive summary. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Sixteenth meeting Montreal, 30 April — 5 May 2012. 93 p.
  11. **Semyonov V. N., Zuenko Y. I., Atamanova I. A., Muhametova O. N., Zelenihina G. S., Arhipov B. V., Kornienko A. B.** Metodicheskoe posobie po ocenke razmera vreda vodnym biosursam pri sejsmorazvedke i elektrorazvedke. Moscow: Izd-vo VNIRO. 2016. 86 p.
  12. **Muravejko V. M., Zajcev V. B., Timashova L. B., Ivakina Y. I.** Dejstvie gruppovyh pnevmoistochnikov na setchatku lichinok treski. *DAN*. 1992. Vol. 323. No 3. P. 407–410.
  13. **Kuznecov M. Yu.** Distancii reagirovaniya razlichnyh vidov ryb na gidroakusticheskie shumy promyslovyh i nauchno-issledovatel'skih sudov i dopustimye urovni shuma. *Izvestiya TINRO*. 2011. Vol. 164. P. 157–176.
  14. **Kuznecov M. Y., Shevcov V. I., Polyanichko V. I.** Charakteristiki gidroakusticheskogo shuma nauchno-issledovatel'skih sudov TINRO-Centra. *Izvestiya TINRO*. 2014. Vol. 177. P. 235–256.
  15. **Kuznecov M. Y., Polyanichko V. I., Ubarchuk I. B., Syrovatkin E. V.** Vliyanie gidroakusticheskogo shuma sudna na ekhointegracionnye ocenki zapasov ryb i ulovistost' uchetnogo trala (na primere mintaya Ohotskogo morya). *Izvestiya TINRO*. 2017. Vol. 190. P. 85–100.
  16. **Matishov G. G., Vojnov V. B., Verbickij E. V., Mihajlyuk A. L., Troshichev A. R., Gladkih A. C., Svetochev V. N.** Morskije mlekopitayushchie v biotekhnicheskikh sistemah dvojnogo naznacheniya. Murmansk: MMBI KNC RAN, 2010. 131 p.
  17. **Bogoslovskaya L. S., Solnceva G. N.** Sluhovaya sistema mlekopitayushchih (sravnitel'no-morfologicheskij ocherk). Moscow: Nauka, 1979. 240 p.
  18. **Mihajlyuk A. L., Voinov V. B.** Perestrojki povedeniya i parametrov vysshej nervnoj deyatel'nosti kol'chatoy nerpy v otvet na shumovoe akusticheskoe vozdejstvie. *Morskije mlekopitayushchie Golarktiki. Sbornik nauchnyh trudov po materialam 7 Mezhdunarodnoj konferencii*. Suzdal', 2012. P. 135–136.
  19. **Verevkin M. V., Yussi M., Nikolls K.** Sostoyanie populyacii i harakter ispol'zovaniya akvatorii Finskogo zaliva baltijskoj kol'chatoy nerpoi. *Sbornik materialov Mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma "Den' Baltijskogo morya"* 21–22 marta 2019 g. Sankt-Peterburg. P. 158–165.
  20. **Oficial'nyj sajt.** Rossijskij Sovet po Mezhdunarodnym delam. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/regulirovanie-shumovogo-zagryaznenie-v-arktike/> (date of access 28.05.2020).
  21. **Oficial'nyj sajt.** Transportno-ekspedicionnaya kompaniya "Kredo-Trans". URL: [http://www.credotrans.ru/ru/port\\_forwarding/fidernye\\_linii\\_v\\_portu\\_spb/dvijenie\\_sudov\\_v\\_portu\\_spb](http://www.credotrans.ru/ru/port_forwarding/fidernye_linii_v_portu_spb/dvijenie_sudov_v_portu_spb) (date of access 11.01.2021).
  22. **GOST 31329–2006 (ISO 2922:2000)** Interstate Standard. Noise. Measurement of vessel noise on inland lines and ports.
  23. **SN 2.2.4-2.1.8.562–96.** Shum na rabochih mestah, v pomeshcheniyah zhilyh, obshchestvennyh zdaniy i na territorii zhiloy zastrojki.

## Информация

### Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на второе полугодие 2021 г.

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении,  
через подписные агентства или непосредственно в редакции журнала

#### Подписной индекс по Объединенному каталогу "Пресса России" — 79963

Сообщаем, что с 2020 г. возможна подписка  
на электронную версию нашего журнала.

Подписку на электронную версию журнала можно оформить через  
ООО "ИВИС": тел. (495) 777-65-57, 777-65-58; e-mail: [sales@ivis.ru](mailto:sales@ivis.ru)  
и Агентство "Урал-Пресс" <http://ural-press.ru> (индекс 013312)

Для оформления подписки следует обратиться в филиал агентства по месту жительства

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4,  
Издательство "Новые технологии",  
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97, (499) 269-55-10. E-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru)



УДК 628.511.1.002.54:502

**В. А. Лепихова**, канд. техн. наук, доц., e-mail: odejnaya@rambler.ru,  
**Н. В. Ляшенко**, канд. техн. наук, доц., **Н. Н. Чибинев**, канд. техн. наук, доц.,  
**С. Г. Шестак**, канд. техн. наук, доц., Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск

## Методология контроля параметров дисперсных систем и экологического состояния окружающей среды

*Рассмотрена спектрально-тембровая методология контроля параметров дисперсных систем, загрязняющих окружающую среду, осуществляемая с разложением сигналов акустической эмиссии генерируемых дисперсных систем в дискретный спектр Фурье и последующей обработкой по математическим моделям. Для повышения точности контроля анализируемой дисперсной системы помимо основных гармоник целесообразно использование высших тембровых гармоник. Высшие гармоники акустического сигнала обеспечивают большую разрешающую способность измерительного тракта, позволяя осуществлять контроль за экологическим состоянием окружающей среды.*

**Ключевые слова:** акустический сигнал, дисперсные системы, спектр Фурье, тембровые гармоники, технологический шум, модальные гармоники, энергетический спектр, фазовый спектр, спектрально-тембровый анализ

### Введение

Условия предупреждения загрязнения окружающей среды являются решением проблемы непрерывного экспресс-анализа вредных выбросов в атмосферу, загрязнения почв, сточных вод сбросных потоков производственных и жилищно-коммунальных предприятий. Существуют различные методы и устройства для определения дисперсного состава исследуемых систем. Одни из них основаны на разделении частиц по размерам — методом седиментометрии, другие — по скорости движения частиц в воздушной среде. Рассматриваются и анализируются методы обработки акустических спектров, результаты которых основаны на механизме поглощения звука, обусловленного трением и рассеянием на частицах [1–3].

В основу предлагаемой методологии контроля параметров дисперсных систем, загрязняющих окружающую среду, положено учение об акустических явлениях. Акустика — раздел учения об упругости, т. е. частные случаи распространения колебательных движений в упругой среде [4]. Источниками звука являются твердые, жидкие или газообразные тела, приведенные в более или менее быстрые колебательные движения.

### Объекты и методы исследований

Звучащие объекты вызывают колебательные движения по всем направлениям и тем самым

порождают акустический сигнал (АС), который характеризуется тремя параметрами: амплитудой (громкостью) основной гармоники; частотой основной гармоники; тембром. Наличие высших гармоник в спектре сигнала, звучащих на кратных основной гармонике частотах, придающих звуку окраску, и содержат свой индивидуальный спектральный состав. Таким образом, спектрограммы, содержащие все тембровые гармоники, представляют собой квазиголографическую спектрограмму, содержащую не только основной тон, но и подробности окружающих его тембровых гармоник, позволяющих безошибочно описать слышимый акустический сигнал.

Основанный на единых и обобщенных подходах спектрально-тембровый метод раскрывает свои возможности во многих прикладных инженерных задачах. Этот метод применим и для диагностики в статических режимах с внешними волновыми зондирующими медиаторами. Обобщенную модель спектрально-тембрового анализа дисперсных, композиционных и других объектов можно представить как область евклидова пространства  $A$  (рис. 1) с оболочкой  $B$ , заполненной некоторой твердой, жидкой или газообразной средой, в которую погружены и распределены по известному статическому закону материальные частицы массами  $m_1, m_2, \dots, m_N$ , образующие упруго-вязкую систему с  $k$ -степенями свободы. На эти массы действуют заданные оговоренными параметрами сторонние зондирующие сигналы  $f$

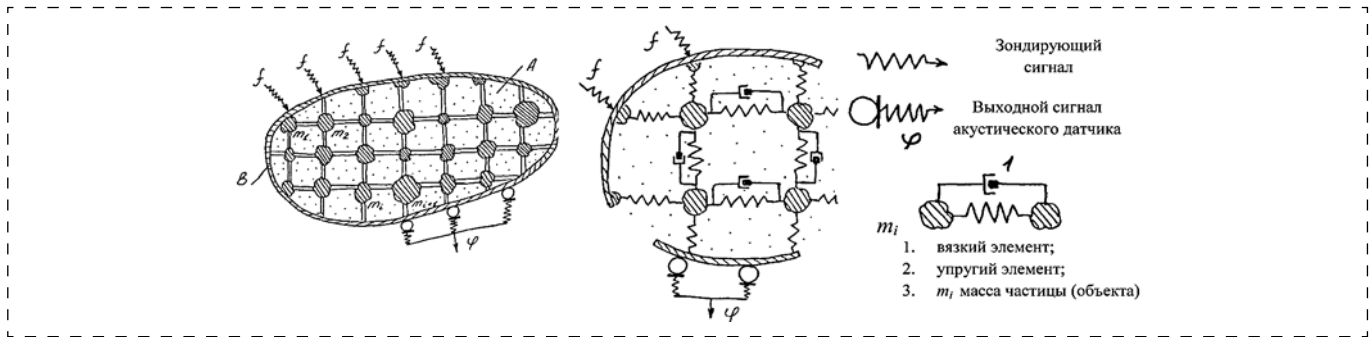


Рис. 1. Структурная механическая модель анализируемого динамического объекта

в виде  $\delta$ -ударных функций Дирака или ступенчатых  $H$ -функций Хевисайда. Это сложное движение распадается в силу группового взаимодействия на элементарные гармонические колебания, возникающие в измерительной цепочке от ударов частиц  $m_i$ .

В основе создания математического аппарата при разработке экспресс-анализа экологического контроля дисперсных систем положен анализ сигнала вынужденной акустической эмиссии (ВАЭ). Вид сигнала ВАЭ можно представить в виде последовательности затухающих колебаний:

$$u = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где  $A$  — амплитуда сигнала в начальный момент времени;  $\alpha$  — коэффициент затухания колебаний, зависящий от демпфирующих свойств материала измерительного тракта и протекающей в нем системы;  $\omega$  — круговая частота колебаний;  $t$  — продолжительность сигнала;  $\varphi_0$  — начальный сдвиг фазы для акустических волн, генерируемых определенным видом взаимодействующих элементов анализируемых систем.

Наиболее целесообразно в качестве параметра сигнала ВАЭ рассматривать его амплитуду:

$$A = S/mp,$$

где  $S$  — импульс силы взаимодействия частицы примеси со стенкой трубопровода (см. рис. 1);  $p$  — коэффициент, определяемый из соотношения  $p = c/m$ ;  $c$  — коэффициент механической жесткости металла трубопровода;  $m$  — приведенная масса исследуемой частицы примеси.

### Результаты исследований

Для более точной оценки характеристик примесей предлагается оценивать характер плотности распределения сигнала суммарной амплитуды

ВАЭ в частотной области. Оценкой такого распределения можно считать дискретный спектр Фурье [5] электрического сигнала, регистрируемого на выходе усилителя-преобразователя.

При использовании математической модели определения пофракционных составов среды на основе интегрального преобразования Фурье—Лапласа требуемая точность аппроксимации случайного процесса [6, 7] достигается сохранением достаточного количества значимых тембровых гармоник в полученном экспериментально спектре Фурье. Так осуществляется переход от физических параметров потока к параметрам частотно-амплитудного энергетического спектра, полученного из временного ряда отсчетов, сигнала, дискретным быстрым преобразованием Фурье [6]:

$$U(t) = \sum_{k=-\infty}^{-1} (C_k \cos 2\pi f_k t + S_k \sin 2\pi f_k t) + \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^{+\infty} (C_k \cos 2\pi f_k t + S_k \sin 2\pi f_k t);$$

$$f_k = kf = \frac{k}{T},$$

$$k = -\infty, \dots, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, \dots, +\infty,$$

где  $C_0$  — член аппроксимирующего полинома;  $t$  — время отсчета в каждой точке;  $C_k$  — амплитуды при разложении в ряд по  $\cos$  применимы для разложения симметричных (четных) функций;  $S_k$  — амплитуды при разложении по  $\sin$  отвечают кососимметричным функциям; при разложении по  $\cos$  и  $\sin$  получается система базисных функций.

Прямое интегральное преобразование Фурье имеет вид:

$$U(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt,$$

где  $u(t)$  — функция времени  $t$ , подвергаяемая интегральному преобразованию Фурье в частотную



область (спектр);  $j = \sqrt{-1}$ ,  $\omega = 2\pi f$  и другие допустимые формы записи.

Обратное преобразование Фурье:

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U(\omega) e^{j\omega t} dt$$

восстанавливает по спектру  $U(\omega)$  временной ряд  $u(t)$  с точностью до  $T = 2\pi$ , так как акустический сигнал функция периодическая.

Преобразование Лапласа позволяет раскрыть физический механизм возникновения гармоник частотных подспектров, что приводит к двум практически равноценным математическим моделям анализа дисперсного состава примесей в виде полинома Фурье в виде энергетического спектра (первая модель) или фазового спектра (вторая возможная модель) [8]. Обе математические модели с учетом затухания реального сигнала вследствие диссипации энергии сигнала во времени перейдут в следующие математические выражения:

I модель. Энергетический спектр

$$U(t) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^T (C_k \cos 2\pi f_k t + S_k \sin 2\pi f_k t),$$

где  $k = 1, 2, 3 \dots N$  ( $N$  — номера гармоник);  $T$  — период анализируемого сигнала.

II модель. Фазовый спектр

$$\begin{aligned} U(t) &= \sum_{k=1}^N (C_k \cos k\Omega t + S_k \sin k\Omega t) = \\ &= \sum_{k=1}^N A_k \cos(k\Omega t + \varphi_k), \end{aligned}$$

где  $A_k = \sqrt{C_k^2 + S_k^2}$ ,  $\varphi_k = -\arctg \frac{S_k}{C_k}$ ,  $k\Omega = \omega$ .

Использование преобразования Фурье дает возможность точного описания и вычисления частотно-амплитудных соотношений на ЭВМ путем обработки сигнала быстрым дискретным преобразованием Фурье в режиме реального времени.

Учитывая особенности обработки сигнала акустической эмиссии на ЭВМ и допуская, что сигнал, поступающий на обработку, может содержать в общем случае дискретные разрывные, но периодические составляющие и континуальные участки ядра, перепишем оба математических преобразования для обработки сигнала на ЭВМ в форме прямого и обратного дискретного преобразования Фурье:

$$F(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) e^{-2\pi jnk/N}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1;$$

$$f(k) = \sum_{n=0}^{N-1} F(n) e^{2\pi jnk/N}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1;$$

$$j = \sqrt{-1},$$

где  $F(n)$  — вещественная функция целого дискретного параметра;  $n$  — коэффициент дискретного преобразования Фурье;  $f(k)$  — выборка из временного ряда, состоящего из  $N$  отсчетов;  $k$  — дискретное время вследствие финитности спектра.

Использование методов диагностики и обработки АС по предложенным математическим моделям с одной основной низкочастотной гармоникой малоэффективно. Это связано с тем, что АС от частиц исследуемых объектов перекрывается технологическим шумом оборудования, инструментальными шумами и т. д. Для устранения этих недостатков целесообразно использовать высшие тембровые гармоники, где мало помех, по сравнению с диапазоном основных гармоник при регистрации спектра АС. Высшие гармоники акустического сигнала обеспечивают большую разрешающую способность измерительного тракта. Так, например, если первая основная частотная гармоника для анализируемой среды отличается всего на  $\Delta$  от основной гармоники, т. е.  $f_n = f_{\bar{a}} + \Delta$ , то высшие гармоники всегда кратные основной гармонике, отличаются уже на  $k \cdot \Delta$ , т. е.

$$(f_{\bar{a}} + \Delta)k = f_{\bar{a}}k + \Delta \cdot k,$$

где  $k$  — коэффициенты кратности тембровых гармоник;  $f_{\bar{a}}$  — осредненная частота эталонной среды;  $f_n$  — частота звучания твердых частиц примесей в среде. Таким образом, высшие гармоники спектра несут более подробную информацию об амплитудно-частотных параметрах материальных систем и позволяют различать сигналы акустической эмиссии (АЭ) по уровням мощности дисперсных составляющих примесей от остальных.

Для выявления характера сигнала АЭ, генерируемого при взаимодействии частиц дисперсных примесей со стенками трубопроводов, рассмотрим простейшую схему его возникновения (рис. 2): механические волны в материале трубопровода 1, возникающие при ударе частицы примеси, преобразуются контактным преобразователем 2 в электрический сигнал, усиливаются избирательным усилителем 3 и подвергаются обработке

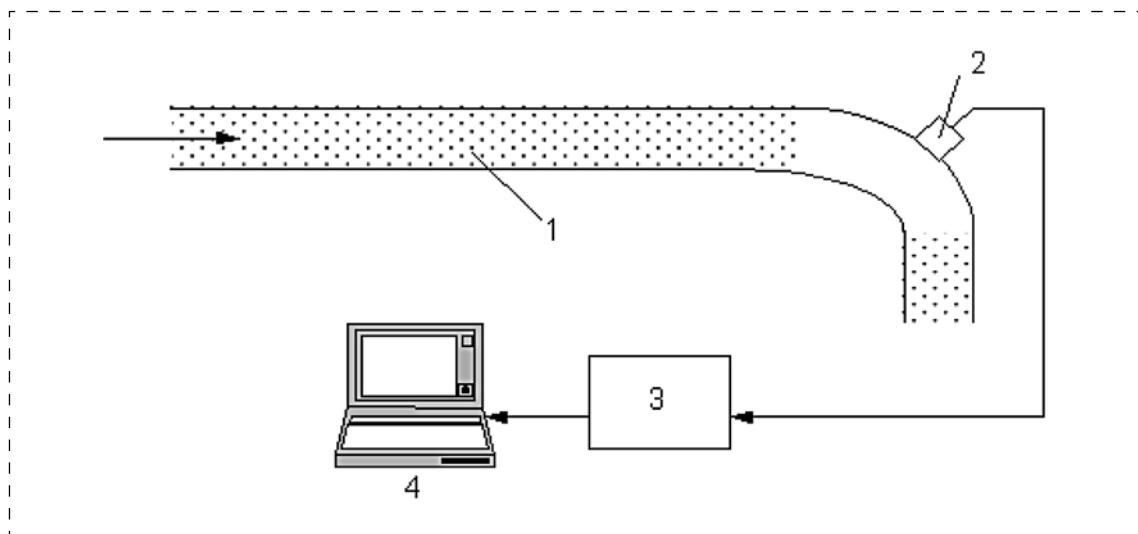


Рис. 2. Схема возникновения генерируемого акустического сигнала

электронной аппаратурой или после дискретизации по времени и по уровню обрабатываются с помощью ЭВМ 4.

Из общего спектра сигнала, состоящего из совокупности основных и высших (тембровых) гармоник, выделяют подспектры значимых основных гармоник, соответствующие определенным элементам исследуемой системы. При этом значимыми считаются гармоники, отличные от шумовых и не отсеянные из состава сигнала в процессе аппаратной (аналоговой) или программной (цифровой) фильтрации. В целях ускорения процесса распознавания для выделения подспектров используют последовательность модальных гармоник:

$$g_{\text{mod}j} = (f_{\text{mod}j}, a_{\text{mod}j}), j = 1, 2, 3, \dots, m,$$

где  $m$  — количество непересекающихся подспектров, принадлежащих отдельным элементам;  $f_{\text{mod}j}$  и  $a_{\text{mod}j}$  — соответственно частота и амплитуда модальной гармоники  $j$ -го подспектра.

По известным частотам модальных гармоник определяют частоты основных (образующих) гармоник подспектров:

$$\begin{cases} f_{oj} = f_{vj}; \\ \left[ \frac{k_j}{v_j} \right] = 0, \\ v_j \in R, \end{cases}$$

где  $R$  — множество простых чисел;  $k_j$  — номер модальной гармоники  $j$ -го подспектра.

Выделение основной гармоники позволяет сформировать подспектр, определяющий количественный и качественный характер того или иного элемента исследуемого объекта [9]. Для определения процентной концентрации элемента, соответствующего этому подспектру, используем отношение мощности подспектра, соответствующего исследуемому элементу и мощности полного спектра сигнала акустической эмиссии при условии исключения шумовых гармоник и составляющих, определяющих влияние измерительного тракта:

$$S_j = \frac{F_j \sum_{i=0}^{N_j} a_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=0}^{N_j} a_{ij} F_j} 100 \%,$$

где  $N_j$  — количество значимых (отличных от шумовых) гармоник в  $j$ -м подспектре;  $a_{ij}$  — амплитуда  $i$ -й гармоники  $j$ -го подспектра.

Коэффициент  $F_j$  — определяется при исследовании эталонной аэрозольной системы с известным процентным содержанием  $j$ -го элемента:

$$F_j = \frac{\tilde{S}_j}{\sum_{i=0}^{N_j} a_{ij}},$$

где  $\tilde{S}_j$  — известная концентрация элемента в эталонном объекте.

Сигнал АЭ, преобразованный в спектр Фурье опытной аэрозольной системы, представлен на рис. 3, а.

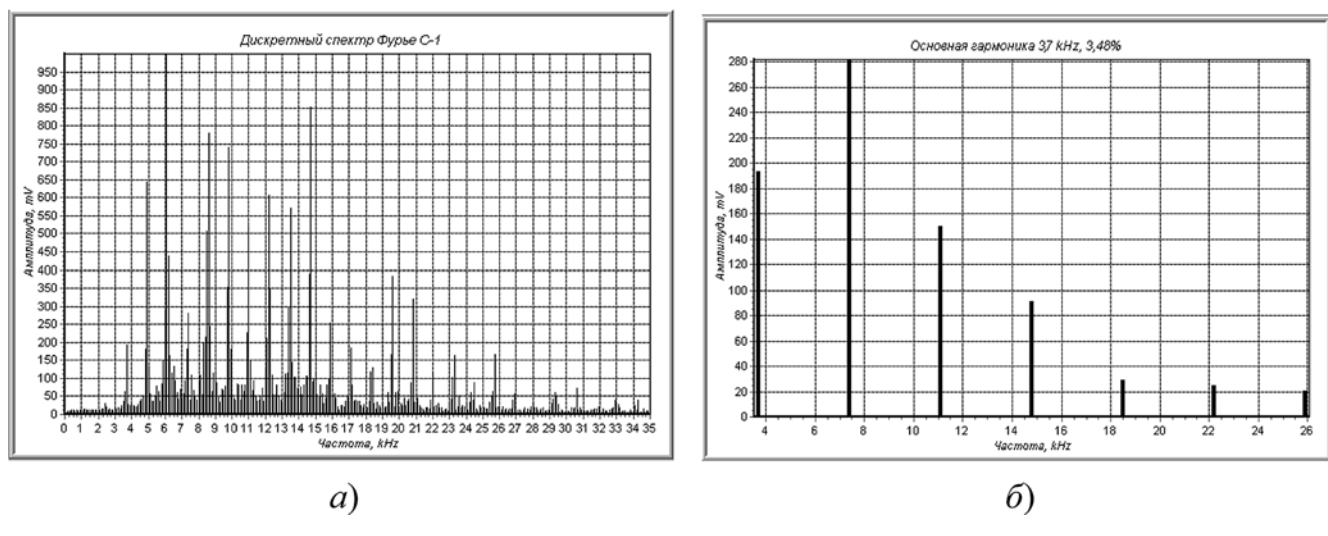


Рис. 3. Дискретный спектр Фурье опытной аэрозольной системы

Содержание дисперсных примесей

| Частота основной гармоники | Попрациональные интервалы примеси, мкм | Относительная мощность подспектра | Содержание примеси, % |
|----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| А(6,2 КГц)                 | 23                                     | 0,29048                           | 7,88                  |
| Б(5,4 КГц)                 | 37                                     | 0,12092                           | 4,06                  |
| В(4,8 КГц)                 | 44                                     | 0,3108                            | 8,44                  |
| Г(4,4 КГц)                 | 58                                     | 0,14569                           | 3,39                  |
| Д(3,8 КГц)                 | 73                                     | 0,12815                           | 3,58                  |

По модальным гармоникам этого спектра были определены основные и принадлежащие им тембровые гармоники, образующие подспектры. Например, модальной гармонике частотой  $f = 7,6$  кГц соответствует основная с  $f_0 = 3,8$  кГц. В соответствии с ранее полученными эталонными данными дисперсных составляющих примеси установлено, что на такой частоте ( $f_E^Э = 3,8$  кГц) строится подспектр, соответствующий дисперсной примеси с крупностью 73 мкм. Подспектр данной примеси (рис. 3, б) состоит из шести значащих тембровых гармоник. Содержание этой примеси в соответствии с описанным алгоритмом составляет 3,58 %. Аналогичным образом расшифровано и определено содержание дисперсных примесей с другими пофракционными интервалами, указанными в таблице, и их процентное содержание в опытном потоке.

Заключение

Проанализировав полученные с помощью ЭВМ результаты дисперсных систем, можно сделать следующие выводы:

1. Определение элементного и процентного содержания компонентов аэрозольной системы начинается с формирования базы данных эталонных систем, содержащих характеристики значимых подспектров, соответствующие тем или иным элементам.

2. Сигнал акустической эмиссии, соответствующий анализируемой системе, оцифровывается и обрабатывается, используя процедуры быстрого преобразования Фурье. В определенном спектре выделяются модальные гармоники подспектров, соответствующих экспертной базе данных. Если эти гармоники отличаются от шумовых, то



определяется весь подспектр, включающий основную и тембровые гармоники и по формуле определения процентной концентрации элемента оценивается содержание данного элемента дисперсной системы.

Работы по созданию нетрадиционных методов контроля аэрозольных дисперсных систем, основанные на явлении вынужденной акустической эмиссии и анализе спектрально-тембровых гармоник, относят к задачам мониторинга экологичности окружающей среды и подтверждены тремя патентами РФ [10–12].

### Список литературы

1. **Виноградов А. Н.** Применение акустической спектроскопии для исследования микронеоднородных сред // Коллоидный журнал. — 2003. — Т. 65. — № 5. — С. 589–594.
2. **Куц В. П., Слободян С. М.** Метод анализа дисперсного состава аэрозолей, пыли и порошков // Известия Алтайского государственного университета. — 2014. — № 1-1 (81). — С. 248–251.
3. **Кривошеев Н. В., Муханов А. В., Муханов В. В.** Контроль твердой фазы пылегазового потока // Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 4-2 (23). — С. 195.
4. **Стретт Дж. (Лорд Рэлей)** Теория звука. — М: Техн. эконом. литер., 1955. — Т. 1. — 499 с.
5. **Пуресев А. И., Лепихова В. А.** Оценка экологического состояния окружающей среды по сигналам акустической эмиссии // Промышленная экология: Материалы международной школы-семинара. — Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2000. — С. 75–79.
6. **Бендат Дж., Пирсол А.** Измерение и анализ случайных процессов / Пер. с англ. — М.: Мир, 1974. — 463 с.
7. **Ахмед Н., Рао К. Р.** Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. — М.: Связь, 1980. — 248 с.
8. **Лепихова В. А., Ляшенко Н. В., Пересулько Т. Ф.** Диагностика дисперсного состава движущегося сбросного водяного потока по сигналам акустической эмиссии: Современные проблемы экологии: доклады XXIV Международ. науч.-практ. конф., г. Тула, 17 февраля. 2020 г. / Под общей редакцией В. М. Панарина; Тульский государственный университет и др. — Тула: Инновационные технологии, 2020. — С. 76–79.
9. **Лепихова В. А., Пикина Е. В.** Спектрально-тембровая методология дисперсного анализа угольной пыли в вентиляционных системах: Актуальные проблемы геологии, горного и нефтегазового дела: сб. науч. тр. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т им. М. И. Платова. — Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. С. 108–113.
10. **Патент 2097738 РФ, МПК G01N15/02** Способ обработки сигналов датчика ударных импульсов твердых частиц аэрозольного потока / В. П. Журавлев, Г. С. Учитель, О. А. Торопов, Е. А. Малых, А. И. Пуресев. — № 96107729/25(22); Заявл. 18.04.96; Оpubл. 27.11.97, Бюл. № 33.
11. **Патент 2105302 РФ, G01N29/14** Способ определения концентрации твердой фазы пылегазового потока / В. П. Журавлев, Г. С. Учитель, О. А. Торопов, В. В. Муханов, А. И. Пуресев, Е. А. Малых, В. А. Лепихова. — 96107578/25(22). — Заявл. 18.04.96; Оpubл. 20.02.98, Бюл. № 15.
12. **Патент 2222807 РФ, МПК G01 N 29/02.** Способ обработки сигналов акустической эмиссии генерируемых дисперсных систем / А. И. Пуресев, О. А. Торопов, Е. А. Малых, Н. П. Сорокин. — Заявл. 12.02.01; Оpubл. 27.01.04. Бюл. № 3.

**V. A. Lepikhova**, Associate Professor, e-mail: odejnaya@rambler.ru,  
**N. V. Lyashenko**, Associate Professor, **N. N. Chibinev**, Associate Professor,  
**S. G. Shestak**, Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk

## Methodology for Monitoring the Parameters of Dispersed Systems and the Ecological State of the Environment

*A spectral-timbre methodology for monitoring the parameters of dispersed systems that pollute the environment is proposed. It is performed by decomposing the acoustic emission signals of the generated dispersed systems into a discrete Fourier spectrum and then processing them according to the proposed mathematical models. To improve the accuracy of monitoring of the analyzed disperse system, in addition to the main harmonics, it is advisable to use highest timbre harmonics. Highest harmonics of the acoustic signal provide a greater resolution of the measuring path, allowing you to monitor the environmental state of the environment.*

**Keywords:** *acoustic signal, dispersed systems, the Fourier spectrum, timbre harmonics, process noise, modal harmonics, the energy spectrum, phase spectrum, spectral and timbre analysis*

### References

1. **Vinogradov A. N.** Primenenie akusticheskoy spektroskopii dlya issledovaniya mikroneodnorodnyh sred. *Kolloidnyy zhurnal*. 2003. Vol. 65. No. 5. P. 589–594.
2. **Kuc V. P., Slobodyan S. M.** Metod analiza dispersnogo sostava aerorozolej, pyli i poroshkov. *Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. No. 1-1 (81). P. 248–251.
3. **Krivosheev N. V., Mухanov A. V., Mухanov V. V.** Kontrol' tverdoj fazy pylegazovogo potoka. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2012. No. 4-2 (23). P. 195.



4. **Strett Dzh. (Lord Relej)** Teoriya zvuka. Moscow: Tekhn. ekonom. liter., 1955. Vol. 1. 499 p.
5. **Puresev A. I., Lepihova V. A.** Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy po signalam akusticheskoy emissii. *Promyshlennaya ekologiya: Materialy mezhdunarodnoj shkoly-seminara*. Rostov-na-Donu: Rost. gos. stroit. un-t, 2000. P. 75–79.
6. **Bendat Dzh., Pirsol A.** Izmerenie i analiz sluchajnyh processov / Per. s angl. Moscow: Mir, 1974. 463 p.
7. **Ahmed N., Rao K. R.** Ortogonal'nye preobrazovaniya pri obrabotke cifrovyyh signalov. Moscow: Svyaz', 1980. 248 p.
8. **Lepihova V. A., Lyashenko N. V., Peresun'ko T. F.** Diagnostika dispersnogo sostava dvizhushchegosya sbrosnogo vodyanogo potoka po signalam akusticheskoy emissii: Sovremennyye problemy ekologii: doklady XXIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Tula, 17 fevralya 2020 / Pod obshchej redakciej V. M. Panarina; Tul'skij gosudarstvennyj universitet i dr. Tula: Innovacionnyye tekhnologii, 2020. P. 76–79.
9. **Lepihova V. A., Pikina E. V.** Spektral'no-tembrovaya metodologiya dispersnogo analiza ugol'noj pyli v ventilyacionnyh sistemah: Aktual'nye problemy geologii, gornogo i neftegazovogo dela: sb. nauch. tr. / Yuzh.-Ros. gos. politekhn. un-t im. M. I. Platova. Novocherkassk: YURGPU (NPI), 2017. P. 108–113.
10. **Patent 2097738 RF, MPK G01N15/02** Sposob obrabotki signalov datchika udarnyyh impul'sov tverdyh chastic aerozol'nogo potoka / V. P. Zhuravlev, G. S. Uchitel', O. A. Toropov, E. A. Malyh, A. I. Puresev. No. 96107729/25(22); Zayavl. 18.04.96. Opubl. 27.11.97. Byul. No. 33.
11. **Patent 2105302 RF, G01N29/14** Sposob opredeleniya koncentracii tverdoj fazy pylegazovogo potoka / V. P. Zhuravlev, G. S. Uchitel', O. A. Toropov, V. V. Muhanov, A. I. Puresev, E. A. Malyh, V. A. Lepihova. 96107578/25(22). Zayavl. 18.04.96. Opubl. 20.02.98. Byul. No. 15.
12. **Patent 2222807 RF, MPK — G01 N 29/02.** Sposob obrabotki signalov akusticheskoy emissii generiruemyyh dispersnyh sistem / A. I. Puresev, O. A. Toropov, E. A. Malyh, N. P. Sorokin Zayavl. 12.02.01; Opubl. 27.01.04. Byul. No. 3.

## Информация

### Уважаемые авторы и подписчики журнала!

Обращаем ваше внимание, что на сайте ВАК РФ размещен документ, озаглавленный "Справочная информация об отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в соответствии с пунктом 5 Правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее — Перечень), утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586 (зарегистрирован Минюстом России 26 апреля 2017 г., регистрационный № 46507), с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99 (зарегистрирован Минюстом России 15 марта 2018 г., регистрационный № 50368), считаются включенными в Перечень". Журнал "Безопасность жизнедеятельности" включен в этот список (поз. 350, список от 31.12.2020). Считаю необходимым подчеркнуть, что текст п. 5 Правил формирования Перечня имеет продолжение: "по отраслям науки, соответствующим их профилю". Напомним, что еще до выхода первого номера журнала в январе 2001 г. в качестве основных тематических направлений профиля были определены вопросы безопасности деятельности человека, экологии и преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: [rusak-maneb@mail.ru](mailto:rusak-maneb@mail.ru)

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 04.05.21. Подписано в печать 18.06.21. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ721.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солишнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солишнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)

К статье А. И. Фомина, Л. А. Шевченко, Т. В. Грунского  
 «УЛУЧШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ  
 В УСЛОВИЯХ ТЕРМОШАХТНОЙ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ  
 ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ»

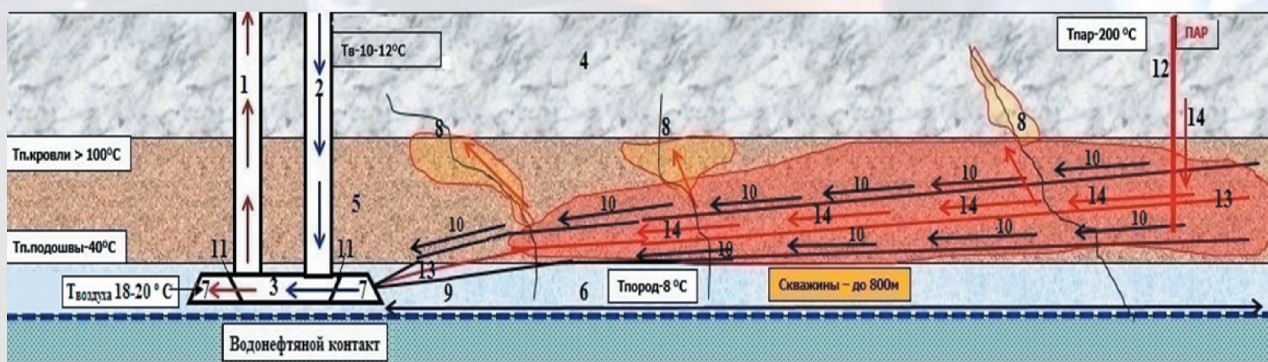


Рис. 1. Формирование температурного режима модульной шахты  
 (разрез по одному из направлений отработки участка месторождения):

↑ – исходящая струя воздуха; ↓ – свежая струя воздуха; 1 – вентиляционный ствол (аварийный выход); 2 – подъемный ствол; 3 – комплекс околоствольных выработок; 4 – горная порода выше продуктивного пласта; 5 – нефтяной пласт; 6 – горная порода ниже продуктивного пласта; 7 – буровая галерея; 8 – возможные места прорыва пара в вышележащие горные породы; 9 – добычные скважины (бурятся с добычного блока); 10 – нефтяная эмульсия; 11 – вентиляционные двери; 12 – вертикальная нагнетательная скважина (бурится с поверхности); 13 – парораспределительная скважина (бурится с добычного блока); 14 – подача пара в нефтяной пласт

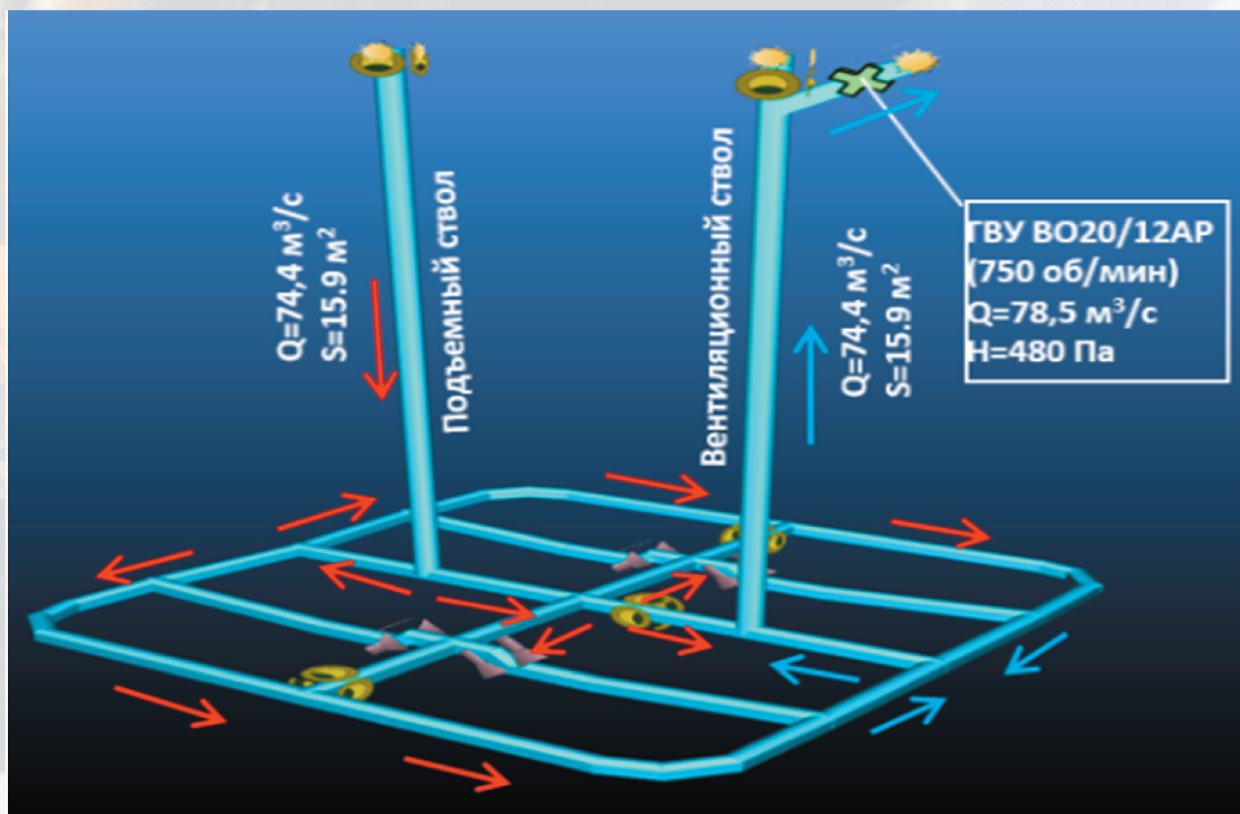


Рис. 3. Схема проветривания модульной шахты:

↓ – свежая струя воздуха; ↑ – исходящая струя воздуха

**28–29 сентября**



**г. Нижневартовск**  
Дворец Искусств, ул. Ленина, 7

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА**

# **НИЖНЕВАРТОВСК НЕФТЬ. ГАЗ-2021**

**совместно с форсайт-форумом  
«Нефтегаз-2021. Инновации. Экология. Климат»**

**Разделы выставки:**

- ✓ Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.
- ✓ Оборудование для бурения, строительства скважин и трубопроводов, добычи нефти и газа.
- ✓ Новые технологии и оборудование хранения, транспорта, переработки и распределения природного газа и нефти.
- ✓ Насосы, компрессорное оборудование.
- ✓ Контрольные и измерительные приборы.
- ✓ Новые методы и оборудование для геологии и геофизики.
- ✓ Строительство объектов для нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности.
- ✓ Специальные технологии и материалы для работы в условиях Севера.
- ✓ Энергетическое оборудование.
- ✓ Транспортные средства. Грузовая и спецтехника.
- ✓ Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.
- ✓ Промышленная безопасность. Охрана труда и техника безопасности, спецодежда, средства защиты.
- ✓ Средства связи, телекоммуникации и сигнализации.
- ✓ Противопожарная техника.

**Выставочная компания Сибэкспосервис**

**Телефон/факс:  
+7 (383) 335-63-50**

**СИБЭКСПО SERVICE**

**E-mail: vkses@yandex.ru  
www.ses.net.ru**