

ISSN 1684-6435

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

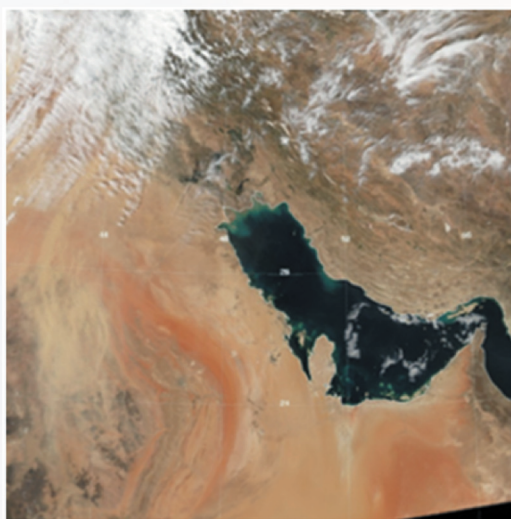
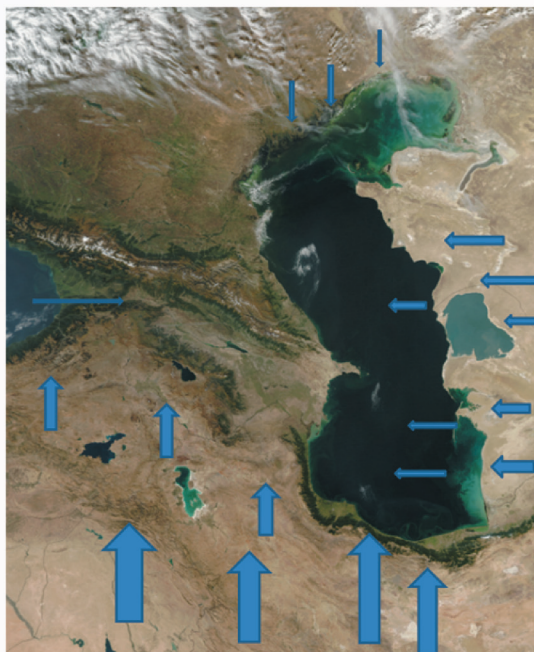


3(255) 2022

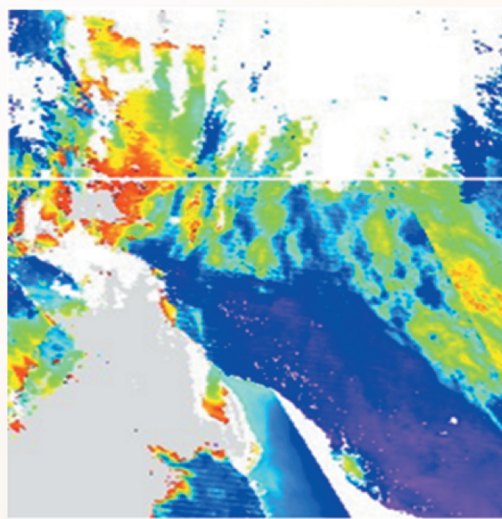
К статье Т. Д. Агаева

**«ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА
ПЫЛЬНЫМИ БУРЯМИ НА ОСНОВЕ
СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ»**

**Рис. 1. Воздействие пыльных бурь,
формирующихся в пустынях,
на Кавказско-Каспийский регион.
30.09.2004 [11]**

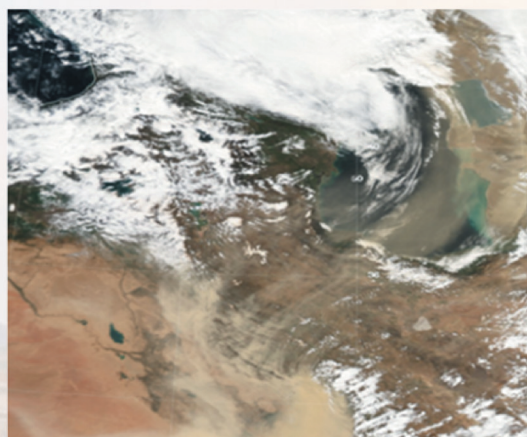


а)

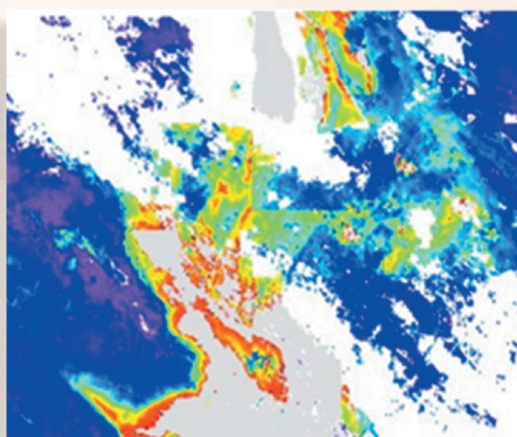


б)

**Рис. 2. Данные MODIS, 18 апреля 2018 г. составное изображение гранул (RGB)
уровень 1b (а); уровень 2 АОТ(б) [11, 14]**



а)



б)

**Рис. 3. Данные MODIS, 13 апреля 2011 г. составное изображение гранул (RGB)
уровень 1b (а); уровень 2 АОТ(б) [11, 14]**



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.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.
АНТОНОВ Б. И.
(директор издательства)

Главный редактор

АКСЕНОВ В. А., 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.
ЕФРЕМОВ С. В., к.т.н., доц.
ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.
(Польша)
ИВАНОВ Н. И., 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.
СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
ШАШУРИН А. Е., д.т.н., доц.
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.
ШКРАБАК В. С., д.т.н., проф.

**3(255)
2022****СОДЕРЖАНИЕ****ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ**

- Андрюшкин А. Ю., Мещеряков С. А., Афанасьев Е. О. Средства коллективной теплозащиты работников с напыленными интегральными теплоизоляционными элементами из газонаполненных пластмасс и отражающими покрытиями 3
- Пазуха А. А., Кузнецов К. Б. Обеспечение эквипотенциальных условий при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте контактной сети 11
- Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Альтернативные подходы к обучению по охране труда на предприятиях 16
- Филина Н. А., Садовина Е. А. Анализ проведенной специальной оценки условий труда по районам и учреждениям образования Республики Марий Эл . . 22

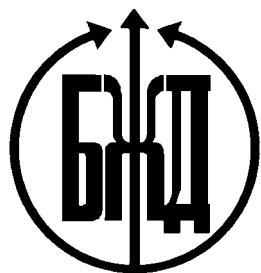
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Агаев Т. Д. Исследования трансграничного загрязнения атмосферы Кавказско-Каспийского региона пыльными бурями на основе спутниковых данных 27
- Гладких С. Н. Очистка стоков промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов 32
- Двуреченский В. Г., Козыбаева Ф. Е., Бейсеева Г. Б. Влияние предприятий цветной металлургии на содержание тяжелых металлов в почвах Алтая 37

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Жакипбаев Б. Е., Шныпарков А. В., Копытков В. В., Колесников А. С. Решения, направленные на локализацию и ликвидацию выбросов химически опасных веществ 44
- Закирова Р. Р., Свинцова Н. Ф. Повышение защиты газопровода от коррозии в ПАО "Газпром Чайковский" 48
- Идрисова К. Р., Муратова Р. Р., Назарова К. О. Преимущества строительства высокотехнологичных мини-НПЗ в удаленных нефтепромысловых регионах России 53

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' JIZNEDEATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
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.)
ANTONOV B. I.

Editor-in-chief

AKSENOV V. A., Dr. Sci. (Tech.)

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
EFREMOV S. V., Cand. Sci. (Tech.)
ZABOROVSKIY T. (Poland),
Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., 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.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
SHASHURIN A. E.,
Dr. Sci. (Tech.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)
SKRABAK V. S., Dr. Sci. (Tech.)

3(255)
2022

CONTENTS

LABOUR AND HEALTH PROTECTION

- Andryushkin A. Yu., Meshcheryakov S. A., Afanasiev E. O.** Means of Collective Thermal Protection of Workers with Sprayed Integral Thermal Insulation Elements Made of Gas-Filled Plastics and Reflective Coatings 3
- Pazukha A. A., Kuznetsov K. B.** Ensuring Equipotential Conditions During Maintenance, Operation and Repair of the Contact Network 11
- Sotnikova E. V., Kulpina N. Yu.** Alternative Approaches to Instruction on Labor Protection for Enterprises 16
- Filina N. A., Sadovina E. A.** Analysis of the Special Assessment of Working Conditions in the Regions and Educational Institutions of Mari El Republic 22

ECOLOGICAL SAFETY

- Agayev T. D.** Studies of Transboundary Atmospheric Pollution of the Caucasus-Caspian Region by dust Storms based on Satellite Data 27
- Gladkih S. N.** Industrial Wastewater Treatment from Heavy Metal Ions 32
- Dvurechenskij V. G., Kozybayeva F. E., Beiseeva G. B.** Influence of Non-Ferrous Metallurgy Enterprises on the Content of Heavy Metals in the Soils of Altai 37

INDUSTRIAL SAFETY

- Zhakupbayev B. Ye., Shnyparkov A. V., Kopytkov V. V., Kolesnikov A. S.** Solutions Aimed at Localizing and Eliminating Emissions of Chemically Hazardous Substances 44
- Zakirova R. R., Svintsova N. F.** Improving the Protection of the Gas Pipeline from Corrosion in PAO Gazprom Transgaz Tchaikovsky 48
- Idrisova K. R., Muratova R. R., Nazarova K. O.** Advantages of Building High-Tech Mini Oil Refineries Plants in Remote Oilfield Regions of Russia 53

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

УДК 331.43

А. Ю. Андриюшкин, канд. техн. наук, доц., e-mail: saschala@mail.ru,
С. А. Мешеряков, асп., Балтийский государственный технический университет
"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург,
Е. О. Афанасьев, преп., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Средства коллективной теплозащиты работников с напыленными интегральными теплоизоляционными элементами из газонаполненных пластмасс и отражающими покрытиями

Избыточные тепловыделения ухудшают условия труда работников, поэтому актуально применение эффективных средств коллективной теплозащиты. Значительная эффективность таких средств достигается при одновременной реализации нескольких способов локализации тепловых потоков за счет теплоотражения, теплопоглощения и теплоотвода. Применение изолирующих элементов из напыленных газонаполненных пластмасс и отражающих покрытий обеспечивает высокое конструктивно-технологическое совершенство крупногабаритных теплозащитных конструкций (перегородок, экранов, кожухов), снижает трудоемкость их изготовления. Средства коллективной теплозащиты с напыленными теплоизоляционными элементами из газонаполненных пластмасс и отражающими покрытиями обеспечивают безопасность работников машиностроения и улучшают микроклимат на рабочих местах.

Ключевые слова: средство коллективной теплозащиты, микроклимат, теплозащитная конструкция, газонаполненная пластмасса, отражающее покрытие, напыление

Введение

На предприятиях машиностроения актуальным вопросом является снижение числа рабочих мест с опасными и вредными условиями труда, создание безопасных рабочих мест. Около 50 % профзаболеваний работников обусловлено неблагоприятным микроклиматом на рабочих местах. Из-за негативного микроклимата производительность труда работников может уменьшаться почти в 2 раза. Неблагоприятный микроклимат в производственных помещениях и цехах часто обусловлен термическими факторами.

По ГОСТ 12.0.003—2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация к активным опасным и вредным производственным факторам (ОВПФ) относят факторы, оказывающие воздействие на работающих посредством заключенных в них энергетических ресурсов, в том числе и термические факторы: температура нагретых предметов и поверхностей, температура открытого огня, аномальная температура воздуха, инфракрасное (тепловое) излучение.

Характер технологического процесса обуславливает гигиенические условия труда в производственных помещениях. Значительную опасность для работающих представляют термические факторы литейных, кузнечно-прессовых, сварочных производственных процессов. Согласно нормативным документам значения показателей микроклимата, такие как температура воздуха, температура поверхностей на рабочем месте, а также тепловое облучение должны быть оптимальными или допустимыми. Если указанные показатели не соответствуют нормативным требованиям, то условия труда по показателям микроклимата относят к вредным или опасным.

По нормативам температура нагретых поверхностей на рабочих местах должна быть не выше 35 °С при температуре источника тепла до 100 °С и не выше 45 °С при температуре источника тепла выше 100 °С. Вблизи нагретых поверхностей промышленного оборудования, раскаленных материалов и заготовок работающие подвергаются интенсивному тепловому облучению, которое в ряде случаев составляет значительную величину до 3000...6000 Вт/м².

К объектам машиностроительных предприятий с избыточным тепловыделением относятся печи, плавильные агрегаты, котлы, газоходы, паровые и газовые турбины, теплообменники, сосуды, емкости и резервуары с жидкостями, технологические трубопроводы и воздуховоды. Производственные помещения, где удельное тепловыделение превышает 23 Вт/м^3 , относят к горячим помещениям или цехам. Избыточные тепловыделения ухудшают условия труда работающих, поэтому актуально применение средств коллективной теплозащиты (СКТЗ).

Согласно ГОСТ 12.4.011—89 ССБТ "Средства защиты работающих. Общие требования и классификация" СКТЗ ограждают работников от повышенного уровня инфракрасных излучений; от повышенных или пониженных температур поверхностей оборудования, материалов, заготовок; от повышенных или пониженных температур воздуха и температурных перепадов. Конструктивные исполнения СКТЗ весьма разнообразны, чаще всего на предприятиях машиностроения в горячих цехах и помещениях встречаются стационарные и передвижные перегородки, экраны и кожухи. Средства коллективной теплозащиты условно разделяют на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие, в зависимости от того какой из способов локализации теплового потока превалирует.

Перспективно применение в СКТЗ газонаполненных пластмасс (ГНПМ) — пенополиэтилен, пенополиуретан, пенорезина, пенополипропилен, пенополистирол, характеризующихся коэффициентом теплопроводности $0,025 \dots 0,200 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ в диапазоне рабочих температур $50 \dots 150^\circ \text{C}$ и низкой плотностью, что обеспечивает конструкции СКТЗ малый вес и высокое термическое сопротивление. Рентабельным технологическим методом формирования теплозащитных элементов из ГНПМ является напыление. Поэтому актуальной задачей является разработка технических решений СКТЗ с напыленными теплозащитными элементами из ГНПМ и отражающими покрытиями [1—11].

Целью исследования является разработка эффективных СКТЗ путем применения в теплозащитных конструкциях напыленных ГНПМ и отражающих покрытий. Исходя из цели, можно сформулировать следующие задачи:

1. Анализ традиционных технических решений СКТЗ.
2. Анализ технологий изготовления теплоизоляционных элементов из ГНПМ.
3. Разработка технических решений СКТЗ с напыленными интегральными теплоизоляционными и отражающими покрытиями.

Традиционные технические решения средств коллективной теплозащиты работающих

Интенсивные тепловыделения значительно ухудшают микроклимат в горячих производственных помещениях, в частности повышается температура воздуха и наблюдается нагревание поверхностей на рабочих местах. Теплоизоляция промышленного оборудования увеличивает рабочую температуру агрегатов и узлов, что повышает их температуру, а следовательно, снижает надежность работы. Для одновременного обеспечения допустимой температуры функционирующего оборудования и нормативной температуры на рабочих местах эффективно применение теплозащитных конструкций: перегородок, стационарных и передвижных экранов, кожухов. Теплозащитные конструкции локализуют источники тепла, снижая облученность работающих и уменьшая температуру поверхностей, окружающих рабочее место (рис. 1) [1—11].

Теплозащитные конструкции условно разделяют на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Любая теплозащитная конструкция обладает способностью отражать, поглощать или отводить тепло, при этом одно из этих свойств из-за конструктивных особенностей выражено сильнее.

Теплоотражающие конструкции имеют низкую степень черноты поверхностей, отражающих значительную часть энергии в обратном направлении — к источнику тепла. Отражающие поверхности конструкций изготавливают из алюминиевой фольги и листов белой жести, оцинкованного

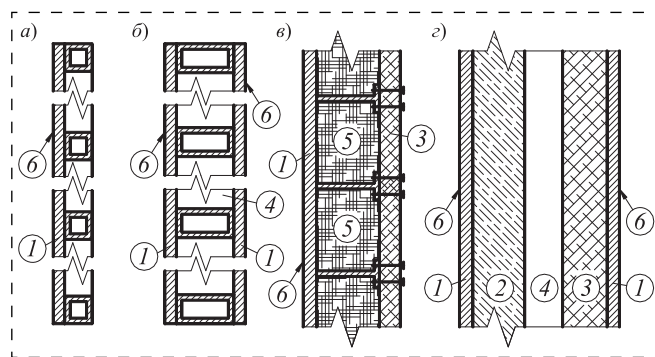


Рис. 1. Традиционные теплозащитные конструкции:

а — металлический лист, подкрепленный силовым набором; *б* — металлический экран с замкнутыми воздушными полостями; *в* — многослойная перегородка с волокнистой изоляцией; *г* — многослойная перегородка с воздушной прослойкой; 1 — металлические листы; 2 — штукатурка; 3 — древесноволокнистая плита; 4 — воздушная прослойка; 5 — волокнистая изоляция; 6 — отражающая полированная металлическая поверхность

железа или окрашивают наружные поверхности отражающей краской. Теплопоглощающие конструкции изготавливают из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности), часто в них присутствуют воздушные прослойки. Теплоотводящие конструкции охлаждаются изнутри водой или водовоздушной смесью.

В традиционных СКТЗ чаще всего ярко выражено только одно свойство, например, для локализации тепловых потоков от печей, нагретых до высоких температур заготовок и жидкого металла применяют отражающие полированные металлические листы, установленные на каркасе (см. рис. 1, а). При этом теплопоглощающие и теплоотводящие свойства у такой теплозащитной конструкции минимальны и ее поверхности могут нагреваться до превышающих нормативные значения температур. Для улучшения микроклимата на рабочих местах перспективно применение СКТЗ, в которых реализовано сразу несколько способов, снижающих воздействие термических факторов на работников.

Такие конструктивные решения СКТЗ возможны при формировании теплопоглощающих элементов из ГНПМ, обладающих высоким термическим сопротивлением и низкой плотностью. При этом теплозащитные конструкции с элементами из ГНПМ характеризуются малым весом и приемлемыми габаритами. При формировании элемента из ГНПМ в его массиве могут быть размещены трубки с циркулирующим теплоносителем, что обеспечивает отвод тепла от конструкции.

Таким образом, для создания благоприятного микроклимата на рабочих местах и повышения безопасности работников актуально применение СКТЗ с элементами из ГНПМ и отражающими покрытиями.

Технологии изготовления теплоизоляционных элементов из ГНПМ средств коллективной теплозащиты

Газонаполненные пластмассы широко используются как тепло-, звуко- и виброизоляционный материал при изготовлении промышленного оборудования и трубопроводов, а также в качестве заполнителя, придающего жесткость многослойным конструкциям. Газонаполненные пластмассы представляют собой структурированную систему, отдельные ячейки которой связаны своими пленкообразными оболочками в общий каркас,

придающий ей определенную жесткость [2—9, 12—20].

К размерно-геометрической точности теплоизоляционных элементов из ГНПМ часто предъявляются жесткие требования, что вынуждает использовать высокоточную технологическую оснастку при их производстве, а также дополнительно их обрабатывать и пригонять друг к другу при монтаже на СКТЗ. Это усложняет конструкцию СКТЗ, снижает технологичность и приводит к повышению его стоимости.

Средства коллективной теплозащиты представляют собой крупногабаритные теплозащитные конструкции. Для производства крупногабаритных элементов из ГНПМ технология заливки в технологическую форму неосуществима из-за ее сложности, массивности, больших объемов заливаемой и вспениваемой композиции. Поэтому для изготовления крупногабаритных элементов из ГНПМ и их нанесения на СКТЗ рационально применять напыление.

Ниже перечислены несколько технологий изготовления теплоизоляционных элементов из ГНПМ при производстве крупногабаритных СКТЗ (рис. 2):

- интегральный элемент, формируемый непосредственно на несущем каркасе СКТЗ напылением (см. рис. 2, а);
- блочный элемент, собираемый на несущем каркасе СКТЗ из предварительно изготовленных блоков из ГНПМ (см. рис. 2, б);
- панельный элемент, собираемый на несущем каркасе СКТЗ из предварительно изготовленных панелей из ГНПМ (см. рис. 2, в).

При напылении интегрального элемента из ГНПМ на СКТЗ точность его геометрических форм и размеров поверхностей получается низкой (см. рис. 2, а). Поэтому часто требуется уточнение

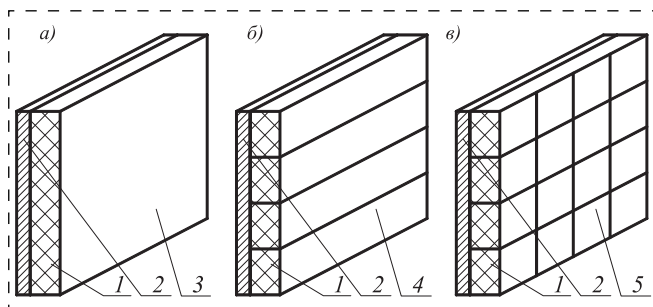


Рис. 2. Технологии изготовления теплоизоляционного элемента из ГНПМ:

а — интегральный элемент; б — блочный элемент; в — панельный элемент; 1 — теплоизоляционный элемент из ГНПМ; 2 — несущая стенка; 3 — полноразмерный (интегральный) элемент из ГНПМ; 4 — блок из ГНПМ; 5 — панель из ГНПМ



форм и размеров конфигурации напыленного интегрального элемента механической обработкой, для которой предусматривается определенный технологический припуск. Величина этого припуска достаточно велика, а потери ГНПМ значительны. Рациональным приемом является послойное напыление интегрального элемента из ГНПМ, при этом возможно последовательное уточнение его размеров. Толщина каждого последующего напыляемого слоя корректируется в зависимости от размера предшествующего слоя, что способствует уменьшению припуска на механическую обработку или полному отказу от механической обработки интегрального элемента из ГНПМ.

При блочной технологии теплоизоляционный элемент собирают из отдельных полноразмерных блоков, имеющих размеры, приемлемые для организации их рационального производства с высокой точностью и качеством поверхностей (см. рис. 2, б). Такие блоки изготавливают путем вспенивания при повышенном давлении в специальных технологических формах. Из блоков с высокой размерной точностью легко сформировать на несущем каркасе СКТЗ теплоизоляционный элемент требуемых размеров без механической обработки. Недостатком блочной технологии являются высокая сложность и большая стоимость изготовления крупногабаритной технологической формы, необходимость сборки и приклеивания блоков, большой объем ручных работ.

При панельной технологии теплоизоляционный элемент формируется из отдельных панелей, изготовленных с высокой точностью способами вспенивания при повышенном давлении в технологической форме (см. рис. 2, в). Эта технология отличается от блочной технологии более широкими возможностями формообразования, при этом механическая обработка панелей обычно не требуется. Технологическая форма для изготовления панелей имеет небольшие габариты и относительно проста в производстве. Основным недостатком панельной технологии является высокая трудоемкость, связанная со сборкой и приклеиванием панелей к несущему каркасу СКТЗ.

Анализ технологий формирования теплоизоляционного элемента крупногабаритных изделий показал, что сложности, возникающие при приклеивании блоков и панелей к несущему каркасу СКТЗ, приводят к резкому увеличению трудоемкости. В итоге трудоемкость изготовления блоков или панелей, их подгонки, приклейки

и последующей обработки в сборе составляет до 40 % общей трудоемкости изготовления СКТЗ. Указанные обстоятельства свидетельствуют о том, что интегральная технология формирования теплоизоляционного элемента напылением предпочтительна и востребована, а возможность послойного напыления элемента устраняет полностью или значительно сокращает механическую обработку для обеспечения размерной точности СКТЗ.

Технические решения СКТЗ с напыленными интегральными теплоизоляционными элементами и отражающими покрытиями

Предохранение работающих от вредного теплового воздействия и от контакта с нагретыми поверхностями оборудования осуществляется с помощью теплозащитных конструкций: перегородок, стационарных и передвижных экранов, кожухов.

Исходя из специфики предприятия и условий, в которых протекает технологический процесс, целесообразно применять теплозащитные конструкции с теплоотражающими, теплоизоляционными и теплоотводящими элементами. Наличие этих элементов зависит от интенсивности тепловых потоков и длительности теплового воздействия. Для обеспечения высокой эффективности локализации тепловых потоков в теплозащитной конструкции рационально реализовать отражение, поглощение, а при необходимости и отвод тепла.

Напыление позволяет упростить конструкцию СКТЗ и повысить ее технологичность. Интегральные теплоизоляционные элементы из ГНПМ могут быть получены напылением на несущий каркас. Послойное напыление позволяет формировать теплозащитный элемент любой толщины и конфигурации. Использование напыления делает теплозащитную конструкцию простой, так как отсутствуют сборочные операции по установке, пригонке и креплению частей теплоизоляционного элемента (рис. 3). Необходимо отметить, что большинство ГНПМ имеет низкий коэффициент теплопроводности, что обеспечивает высокое термическое сопротивление. По этой причине СКТЗ с интегральным теплоизоляционным элементом из ГНПМ имеет минимальную толщину. В интегральном элементе из ГНПМ могут быть установлены каналы охлаждающей жидкости, через которые отводится тепло (см. рис. 3, в). Теплоотводящие каналы

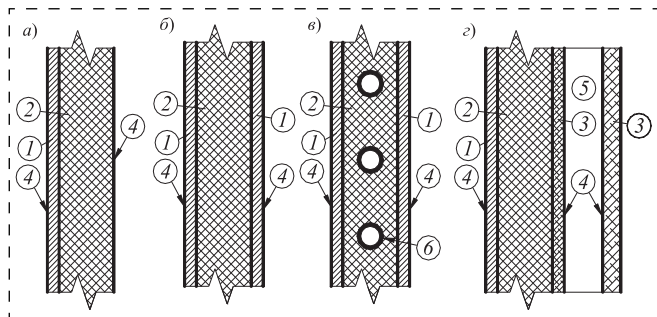


Рис. 3. Теплозащитные конструкции с интегральным теплоизоляционным элементом из ГНПМ:

а — металлический лист, подкрепленный интегральным теплоизоляционным элементом из ГНПМ; *б* — трехслойный экран с интегральным теплоизоляционным элементом из ГНПМ; *в* — трехслойный экран с интегральным теплоизоляционным элементом из ГНПМ, содержащим теплоотводящие каналы; *г* — многослойная перегородка с интегральным теплоизоляционным элементом из ГНПМ и воздушной прослойкой; 1 — металлический лист; 2 — напыленный интегральный теплоизоляционный элемент из ГНПМ; 3 — древесноволокнистая плита или фанера; 4 — напыленное отражающее покрытие; 5 — воздушная прослойка; 6 — теплоотводящие каналы охлаждающей жидкости

выполнены из гибких металлических или полимерных трубок и равномерно расположены по высоте теплозащитной конструкции, по ним прокачивается жидкость, которая осуществляет теплосъем [10, 11, 21–25].

Часто поверхности узлов и агрегатов оборудования в процессе работы нагреваются до температуры выше 45 °С. Для исключения травм и ожогов у персонала требуется теплоизоляция таких поверхностей, при этом тепловые условия работы оборудования не должны ухудшаться. Нагретые до высокой температуры поверхности оборудования могут быть закрыты теплозащитным кожухом с напыленным интегральным

теплоизоляционным покрытием (рис. 4). Температура на поверхности теплозащитного кожуха будет близка к температуре воздуха в помещении, а воздушная прослойка между узлом или агрегатом обеспечит приемлемые тепловые условия функционирования оборудования.

Рационально напылением наносить на теплозащитные конструкции лакокрасочные покрытия, защищающие их от коррозии, износа, химического воздействия, и имеющие при этом высокую отражательную способность. Теплоотражающие покрытия значительно снижают тепловой поток, передаваемый инфракрасным излучением, они могут быть созданы напылением отражающей краски, содержащей в своем составе алюминиевую пудру. Покрытия с высокой отражательной способностью могут быть нанесены на наружные поверхности теплозащитных конструкций и на поверхности, ограничивающие воздушные прослойки, в том числе и на поверхность теплоизоляционного элемента (см. рис. 3, 4). Во многих случаях напыление отражающего покрытия значительно рациональнее, чем шлифование и полирование металлических отражающих поверхностей. Кроме того, отражающее покрытие может быть напылено на поверхность неметаллического материала: полимера, древесины, бетона.

Таким образом, применение различных технических решений теплозащитных конструкций (перегородок, экранов и кожухов) с напыленными интегральными теплоизоляционными элементами из ГНПМ и отражающими покрытиями способствует обеспечению комфортных условий труда работников машиностроения.

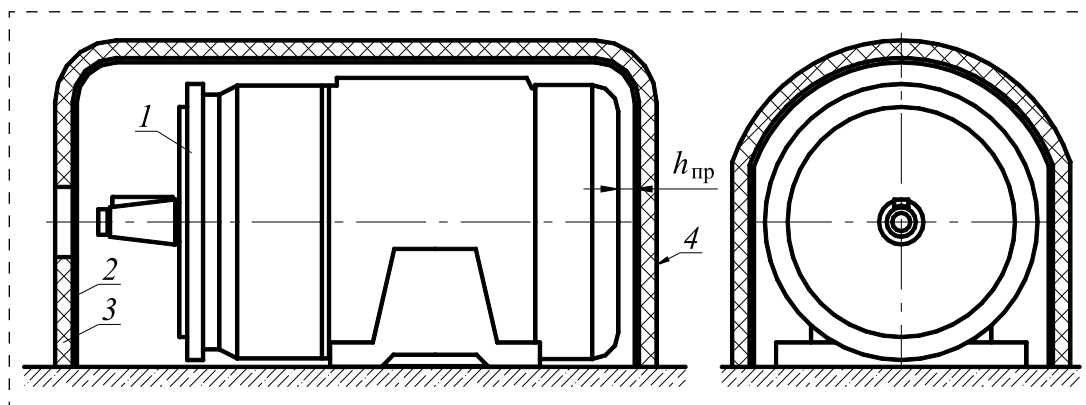


Рис. 4. Теплозащитный кожух агрегата с напыленным интегральным теплоизоляционным покрытием: 1 — агрегат с повышенной температурой поверхности; 2 — металлический каркас кожуха; 3 — напыленное интегральное теплоизоляционное покрытие; 4 — напыленное лакокрасочное покрытие; $h_{пр}$ — воздушная прослойка

Заключение

Неблагоприятный микроклимат в горячих помещениях и цехах машиностроительных предприятий обусловлен термическими факторами. При проведении производственного процесса часто фактические показатели микроклимата (температура воздуха, температура поверхностей на рабочем месте, тепловое излучение) существенно отклоняются от нормативных значений, что ухудшает условия труда работников.

Для улучшения условий труда в горячих помещениях и цехах машиностроительных предприятий применяют СКТЗ, которые локализуют тепловые потоки от оборудования, материалов и заготовок, делают микроклимат более благоприятным. Чаще всего СКТЗ изготавливают в виде стационарных и передвижных перегородок, экранов и кожухов. В зависимости от конструктивного исполнения СКТЗ локализация тепла происходит за счет его отражения, поглощения или отвода.

Анализ традиционных технических решений СКТЗ показал, что их конструкции просты, в них реализован один преобладающий способ локализации тепла, например обратное отражение инфракрасного излучения, а поглощение или отвод тепла не предусмотрены. Из-за этого во многих случаях традиционные СКТЗ не обеспечивают желаемого эффекта от их применения, и значения показателей микроклимата на рабочих местах продолжают не соответствовать допустимым значениям.

Для повышения эффективности СКТЗ желательно конструктивно реализовать сразу несколько способов локализации тепла. Так, для локализации значительных тепловых потоков рационально применять теплоизоляционные элементы из ГНПМ, характеризующиеся существенным термическим сопротивлением из-за их низкой теплопроводности. Если интенсивность теплового потока высока, тогда в конструкцию СКТЗ вводят расположенный в ГНПМ теплоотводящий элемент, чаще всего представляющий собой трубки с циркулирующим теплоносителем. Выполненный между металлическими листами теплоизоляционный элемент из ГНПМ поглощает тепло и играет роль заполнителя в многослойной панели, придавая ей жесткость. Поэтому СКТЗ с интегральными теплоизоляционными элементами из ГНПМ характеризуются высокой теплозащитной эффективностью, малым весом и приемлемыми габаритами.

Рентабельно на несущий каркас СКТЗ напылять интегральный теплоизоляционный элемент из ГНПМ. Такое покрытие легко наносится на любые поверхности, отсутствуют ограничения по конфигурации СКТЗ, не требуется технологической оснастки и сборочных операций, а недостаток напыления — низкая точность по толщине покрытия. Однако нужную точность можно обеспечить последующей механической обработкой покрытия или многослойным напылением покрытия, в процессе которого толщина последующих слоев уточняется по фактическим значениям предыдущих слоев.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Рентабельным методом формирования интегрального теплоизоляционного покрытия из ГНПМ на несущем каркасе СКТЗ является напыление, характеризующееся высокой технологичностью.

2. Применение СКТЗ с интегральными теплоизоляционными элементами из ГНПМ и отражающими покрытиями осуществляет локализацию тепловых потоков сразу несколькими способами, эффективно при обеспечении нормативных показателей микроклимата и улучшении условий труда работников горячих подразделений машиностроительных предприятий.

Список литературы

1. **Абильдинова С. К., Бейсен Д. М.** Оценка эффективности теплоизоляционных конструкций из пенополиуретана при различных способах прокладки теплосетей // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. № 4 (47). 2019. С. 28—33.
2. **Короткова П. С.** Пенофенопласты и пенополиуретаны пониженной горючести // Научный альманах. 2020. № 7-1 (69). С. 114—118.
3. **Башаев М. А., Ковалевский В. Б., Перфилов В. П.** Противокоррозионная защита нефте- и газопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2012. № 6 (34). С. 8—11.
4. **Гагарин В. Г., Пастушков П. П.** Изменение во времени теплопроводности газонаполненных полимерных теплоизоляционных материалов // Строительные материалы. 2017. № 6. С. 28—31.
5. **Afolabi L. O., Ariff Z. M., Hashim S. F. S. et al.** Syntactic foams formulations, production techniques, and industry applications: a review // Journal of Materials Research and Technology. 2020. Vol. 9. Iss. 5. P. 10698—10718.
6. **Колосова А. С., Пикалов Е. С.** Современные газонаполненные полимерные материалы и изделия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 10. С. 54—67.
7. **Ахманов И. И.** Термореновация ограждающих конструкций зданий // Образование и наука в России и за рубежом. 2020. № 12 (76). С. 192—196.

8. **Загребин А. М.** Пенополиуретановая теплоизоляция труб // Газовая промышленность. 2018. № 9 (774). С. 75–77.
9. **Вороньжева А. В., Шевцова Т. И., Свиридов М. С.** Эффективность применения теплоизоляционных материалов в многослойных ограждающих конструкциях // Молодой ученый. 2017. № 21.1. С. 115–118.
10. **Андрюшкин А. Ю.** Технологии изготовления элементов конструкций ракетно-космической техники из газонаполненных пластмасс // Журнал "Космонавтика и ракетостроение". 2012. № 1. С. 162–168.
11. **Андрюшкин А. Ю., Мещеряков С. А., Шашурин А. Е.** Применение газонаполненных пластмасс в средствах коллективной теплозащиты работников машиностроения // По результатам 4-й Всероссийской национальной НПК "Теория и практика безопасности жизнедеятельности" // Труды РГУПС. 2021. № 2 (55). С. 15–21.
12. **Галиев И. М., Сагадеев В. В.** Технология изготовления теплоизоляционной панели на основе древесно-полимерных композитов и пенополиуретана // Вестник Технологического университета. Казань. 2017. Т. 20, № 7. С. 35–36.
13. **Истомина Е. Е.** Об управлении качеством при проектировании и разработке изделия из пенополиуретана // Компетентность. 2019. № 5. С. 46–49.
14. **Богданова В. В., Бурая О. Н., Тихонов М. М.** Разработка труднотгорючего жесткого напыляемого пенополиуретана и исследование его физико-химических, огнезащитных и огнетушащих свойств // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 5. С. 27–38.
15. **Тихонов М. М.** Огнепреграждающая композиция на основе жесткого напыляемого пенополиуретана // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2013. № 1 (33). С. 50–60.
16. **Кочерженко А. В.** Получение наполненного пенополиуретана с улучшенными эксплуатационными свойствами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2019. № 4. С. 47–52.
17. **Гринь О. В., Золотухина Н. В.** Утепление ограждающих конструкций пенополиуретаном // Ресурсоэнергоэф-
- фективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 10. С. 249–252.
18. **Мауэрер О.** Огнестойкий пенополиуретан со специальными свойствами, изготавливаемый методом напыления // Лакокрасочные материалы и их применение. 2012. № 7. С. 21–25.
19. **Проскурякова А. О., Шаталов Г. А., Корвяков Ф. Н.** Исследование работы сэндвич-панели с утеплителем из пенополиуретана // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2012. № 2. С. 62–65.
20. **Проскурякова А. О., Шаталов Г. А., Корнеев А. Д.** Сэндвич-панели с утеплителем из наполненного пенополиуретана для малоэтажного строительства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 32 (51). С. 71–75.
21. **Андрюшкин А. Ю.** Использование переработанных отходов пенополиуретанов при напылении покрытий // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 12. С. 29–32.
22. **Андрюшкин А. Ю.** Послойное формирование элементов конструкций ракетно-космической техники из газонаполненных пластмасс напылением // Известия российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2011. № 1 (67). С. 72–78.
23. **Андрюшкин А. Ю.** Повышение функциональных и конструкционных свойств газонаполненных пластмасс // Известия российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2011. № 3 (69). С. 60–69.
24. **Патент** на полезную модель № 105326 МПК⁷ E04C 2/00. Трехслойная панель с заполнителем из газонаполненной пластмассы / Андрюшкин А. Ю. Заявитель и патентообладатель: БГТУ "ВОЕНМЕХ". Заявка: 201101133/03 от 12.01.2011, опубликован 10.06.2011. Бюллетень № 16.
25. **Патент** на изобретение № 2430937 МПК⁷ C08J 11/04. Способ переработки пенополиуретановых отходов / Андрюшкин А. Ю. Заявитель и патентообладатель: БГТУ "ВОЕНМЕХ". Заявка: 2010109560/05 от 15.03.2010, опубликован 10.10.2011. Бюллетень № 28.

A. Yu. Andryushkin, Associate Professor, e-mail: saschala@mail.ru,
S. A. Meshcheryakov, Postgraduate Student, Baltic State Technical University
 "VOENMEH", Saint-Petersburg, **E. O. Afanasiev**, Lecturer, Saint-Petersburg University
 of State Fire Service of EMERCOM of Russia

Means of Collective Thermal Protection of Workers with Sprayed Integral Thermal Insulation Elements Made of Gas-Filled Plastics and Reflective Coatings

About 50 % of occupational diseases of employees are caused by an unfavorable microclimate in the workplace. The heating microclimate in industrial premises and workshops is often caused by thermal factors. Excessive heat release worsens the working conditions of employees, so it is important to use effective means of collective thermal protection. Significant efficiency of collective thermal protection means is achieved by simultaneous implementation of several methods of localization of heat flows due to heat reflection, heat absorption and heat removal. The use of insulating elements made of sprayed gas-filled plastics and reflective coatings ensures high structural and technological perfection of large-sized heat-protective structures (partitions, screens, casings), reduces the complexity of their manufacture. Means of collective thermal protection with sprayed thermal insulation elements made of gas-filled plastics and reflective coatings ensure the safety of machine-building workers and improve the microclimate in the workplace.



Keywords: means of collective thermal protection, microclimate, thermal protection structure, gas-filled plastic, reflective coating, spraying

References

1. **Abil'dinova S. K., Bejsen D. M.** Ocenka effektivnosti teploizolyacionnyh konstrukcij iz penopoliuretana pri razlichnyh sposobah prokladki teplosetej. *Vestnik Almatinskogo universiteta energetiki i svyazi*. 2019. No. 4 (47). P. 28—33.
2. **Korotkova P. S.** Penofenoplasty i penopoliuretany ponizhennoj goryuchesti. *Nauchnyj al'manah*. 2020. No. 7-1 (69). P. 114—118.
3. **Bashaev M. A., Kovalevskij V. B., Perfilov V. P.** Protivokorroziionnaya zashchita nefte- i gazoprovodov s teplovoj izolyaciej iz penopoliuretana. *Truboprovodnyj transport: teoriya i praktika*. 2012. No. 6 (34). P. 8—11.
4. **Gagarin V. G., Pastushkov P. P.** Izmenenie vo vremeni teploprovodnosti gazonapolnennyh polimernyh teploizolyacionnyh materialov. *Stroitel'nye materialy*. 2017. No. 6. P. 28—31.
5. **Afolabi L. O., Ariff Z. M., Hashim S. F. S.** et al. Syntactic foams formulations, production techniques, and industry applications: a review. *Journal of Materials Research and Technology*. 2020. Vol. 9. Iss. 5. P. 10698—10718.
6. **Kolosova A. S., Pikalov E. S.** Sovremennye gazonapolnennye polimernye materialy i izdeliya. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2020. No. 10. P. 54—67.
7. **Ahmanov I. I.** Termorenovaciya ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy. *Obrazovanie i nauka v Rossii i za rubezhom*. 2020. No. 12 (76). P. 192—196.
8. **Zagrebin A. M.** Penopoliuretanovaya teploizolyaciya trub. *Gazovaya promyshlennost'*. 2018. No. 9 (774). P. 75—77.
9. **Voron'zheva A. V., Shevcova T. I., Sviridov M. S.** Effektivnost' primeneniya teploizolyacionnyh materialov v mnogoslojnyh ograzhdayushchih konstrukciyah. *Molodoj uchenyj*. 2017. No. 21.1. P. 115—118.
10. **Andryushkin A. Yu.** Tekhnologii izgotovleniya elementov konstrukcij raketno-kosmicheskoy tekhniki iz gazonapolnennyh plastmass. *Kosmonavtika i raketostroenie*. 2012. No. 1. P. 162—168.
11. **Andryushkin A. Yu., Meshcheryakov S. A., Shashurin A. E.** Primenenie gazonapolnennyh plastmass v sredstvakh kollektivnoj teplozashchity rabotnikov mashinostroeniya. *Po rezul'tatam 4-j Vserossijskoj nacional'noj NPK "Teoriya i praktika bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti"*. *Trudy RGUPS*. 2021. No. 2 (55). P. 15—21.
12. **Galiev I. M., Sagadeev V. V.** Tekhnologiya izgotovleniya teploizolyacionnoj paneli na osnove drevesno-polimernyh kompozitov i penopoliuretana. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. Kazan'*. 2017. Vol. 20. No. 7. P. 35—36.
13. **Istomina E. E.** Ob upravlenii kachestvom pri proektirovanii i razrabotke izdeliya iz penopoliuretana. *Kompetentnost'*. 2019. No. 5. P. 46—49.
14. **Bogdanova V. V., Buraya O. N., Tihonov M. M.** Razrabotka trudnogoryuchego zhestkogo napylyaemogo penopoliuretana i issledovanie ego fiziko-himicheskikh, ognenezashchitnyh i ognetushashchih svojstv. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2019. Vol. 28. No. 5. P. 27—38.
15. **Tihonov M. M.** Ognepregrazhdayushchaya kompoziciya na osnove zhestkogo napylyaemogo penopoliuretana. *Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya*. 2013. No. 1 (33). P. 50—60.
16. **Kocherzhenko A. V.** Poluchenie napolnennogo penopoliuretana s uluchshennymi ekspluatacionnymi svojstvami. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova*. 2019. No. 4. P. 47—52.
17. **Grin' O. V., Zolotuhina N. V.** Uteplenie ograzhdayushchih konstrukcij penopoliuretanom. *Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona*. 2018. No. 10. P. 249—252.
18. **Mauerer O.** Ognestojkij penopoliuretan so special'nymi svojstvami, izgotavlivaemyj metodom napyleniya. *Lakokrassochnye materialy i ih primenenie*. 2012. No. 7. P. 21—25.
19. **Proskuryakova A. O., Shatalov G. A., Korvyakov F. N.** Issledovanie raboty sendvich-paneli s uteplitelem iz penopoliuretana. *Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona*. 2012. No. 2. P. 62—65.
20. **Proskuryakova A. O., Shatalov G. A., Korneev A. D.** Sendvich-paneli s uteplitelem iz napolnennogo penopoliuretana dlya maloetazhnogo stroitel'stva. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2013. No. 32 (51). P. 71—75.
21. **Andryushkin A. Yu.** Ispol'zovanie pererabotannyh othodov penopoliuretanov pri napylenii pokrytij. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2010. No. 12. P. 29—32.
22. **Andryushkin A. Yu.** Poslojnoe formirovanie elementov konstrukcij raketno-kosmicheskoy tekhniki iz gazonapolnennyh plastmass napyleniem. *Izvestiya Rossijskoj akademii raketnyh i artillerijskih nauk*. 2011. No. 1 (67). P. 72—78.
23. **Andryushkin A. Yu.** Povyshenie funkcional'nyh i konstrukcionnyh svojstv gazonapolnennyh plastmass. *Izvestiya Rossijskoj akademii raketnyh i artillerijskih nauk*. 2011. No. 3 (69). P. 60—69.
24. **Patent** na poleznuyu model' № 105326 MPK⁷ E04S 2/00. Trekhslojnnaya panel' s zapolnitelem iz gazonapolnennoj plastmassy / Andryushkin A. Yu. Zayavitel' i patentoobladatel': BGTU "VOENMEKH". Zayavka: 2011101133/03 ot 12.01.2011, opublikovan 10.06.2011. Byulleten' № 16.
25. **Patent** na izobretenie № 2430937 MPK⁷ S08J 11/04. Sposob pererabotki penopoliuretanovyh othodov / Andryushkin A. Yu. Zayavitel' i patentoobladatel': BGTU "VOENMEKH". Zayavka: 2010109560/05 ot 15.03.2010, opublikovan 10.10.2011. Byulleten' № 28.

УДК 621.332

А. А. Пазуха, асп., e-mail: aapazukha@gmail.com,

К. Б. Кузнецов, д-р техн. наук, проф. кафедры, e-mail: kkuznetsov@usurt.ru,
Уральский государственный университет путей сообщения,
Екатеринбург

Обеспечение эквипотенциальных условий при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте контактной сети

Рассмотрена актуальность соблюдения эквипотенциальных условий при производстве работ на контактной сети. Предложена схема реализации эквипотенциальных условий при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети, конструкция переносной заземляющей штанги контактной сети. Проведено сравнение характеристик отечественных и зарубежных заземляющих штанг контактной сети, определены направления совершенствования заземляющих штанг контактной сети, обеспечивающие эквипотенциальные условия при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте контактной сети. Обозначена роль и ответственность допускающего в нарядной системе при производстве работ на контактной сети, линиях электропередач, воздушных линиях и связанных с ними устройствах.

Ключевые слова: охрана труда, контактная сеть, электротравматизм, эквипотенциальные условия, допускающий, переносная защитная заземляющая штанга, шунтирующая штанга, тоководящие части контактной сети

Введение

Почти два столетия железнодорожные магистрали связывают города, регионы и страны. В любое время года, в любую погоду, в самый удаленный уголок от западных границ до Дальнего Востока Российские железные дороги доставляют грузы и перевозят пассажиров. Устойчивая работа, надежность, безопасность и доступность железных дорог России являются необходимыми условиями для комфортной жизни каждого человека, развития отечественной экономики, укрепления обороноспособности и безопасности государства. Для обеспечения этих условий немалую роль играет охрана труда персонала с мероприятиями по сохранению жизни и здоровья работников транспорта, которые включают в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [1].

При высоком уровне функционирования компании ОАО "РЖД" не всегда обеспечиваются эквипотенциальные условия при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети, допускаются случаи

электрического травмирования электротехнического персонала.

По состоянию на 11 августа 2021 г. положение дел с соблюдением работниками безопасных условий труда в структурных подразделениях Трансэнерго — филиала ОАО "РЖД" характеризуется как критическое. На текущую дату были травмированы 15 работников: в том числе 5 — со смертельным исходом, 4 — получили тяжелые травмы. Профилактическая работа по исключению случаев производственного травматизма на всех уровнях управления признана неудовлетворительной (ОАО "РЖД". Телеграмма от 11.08.2021 г. № 6842/ТЭ).

Случаи электрического травмирования произошли в дистанциях электроснабжения: Санкт-Петербург Финляндский, Красноуфимск, Чишмы, Нижний Тагил, Шилка, Карасук, Чусовская, Магдагачинская. Электрические травмы получили 9 работников дистанций электроснабжения, из них 4 со смертельным исходом.

Обеспечение электробезопасности работников и соблюдение эквипотенциальных условий при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети железных дорог является актуальной задачей.



Обеспечение эквипотенциальных условий при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте контактной сети

Невыполнение ряда требований эквипотенциальных условий при работах на устройствах контактной сети по категориям: со снятием напряжения и заземлением; под напряжением, вблизи частей, находящихся под напряжением; вдали от частей, находящихся под напряжением, приводит к электрическому травмированию электротехнического персонала.

При выполнении всех организационно-технических мероприятий и правильно установленных переносных заземлениях, шунтирующих штангах, шунтирующих перемычках защитные шлейфы выравнивают разность потенциалов и надежно защищают работников при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети железных дорог.

Основное организационно-техническое условие электробезопасности на контактной сети наземного электрического транспорта можно представить двухуровневой схемой (рис. 1).

Нижний уровень работы представляет собой применение переносных заземлений, шунтирующих перемычек без подъема работника на высоту. Верхний уровень работы на высоте — установку шунтирующих штанг на высоте.

При техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте контактной сети на высоте применяют изолирующие защитные средства: изолирующие съемные вышки, изолирующие лестницы.

Изолирующая съемная вышка (лейтер) — съемная вышка с лестницами из изолирующего материала, предназначенная для выполнения работ по обслуживанию и ремонту контактной сети под напряжением с железнодорожного пути.

Граница нижней части изоляции изолирующей съемной вышки или изолирующей лестницы, электрически соединенная с тяговым рельсом подвижным или неподвижным контактом, представляет собой нижний заземленный пояс (НЗП).

Верхний шунтирующий пояс (ВШП) изолирующей съемной вышки или изолирующей лестницы — условный пояс, ниже которого запрещено спускаться работающим непосредственно или опускать в процессе работы токопроводящие предметы при установленных шунтирующих штангах.

На рис. 2 представлено обеспечение эквипотенциальных условий при работе на контактной сети по категории работ под напряжением с применением изолирующей съемной вышки (слева) или изолирующей лестницы (справа).

Во всех случаях во избежание поражения электрическим током следует выполнять основное

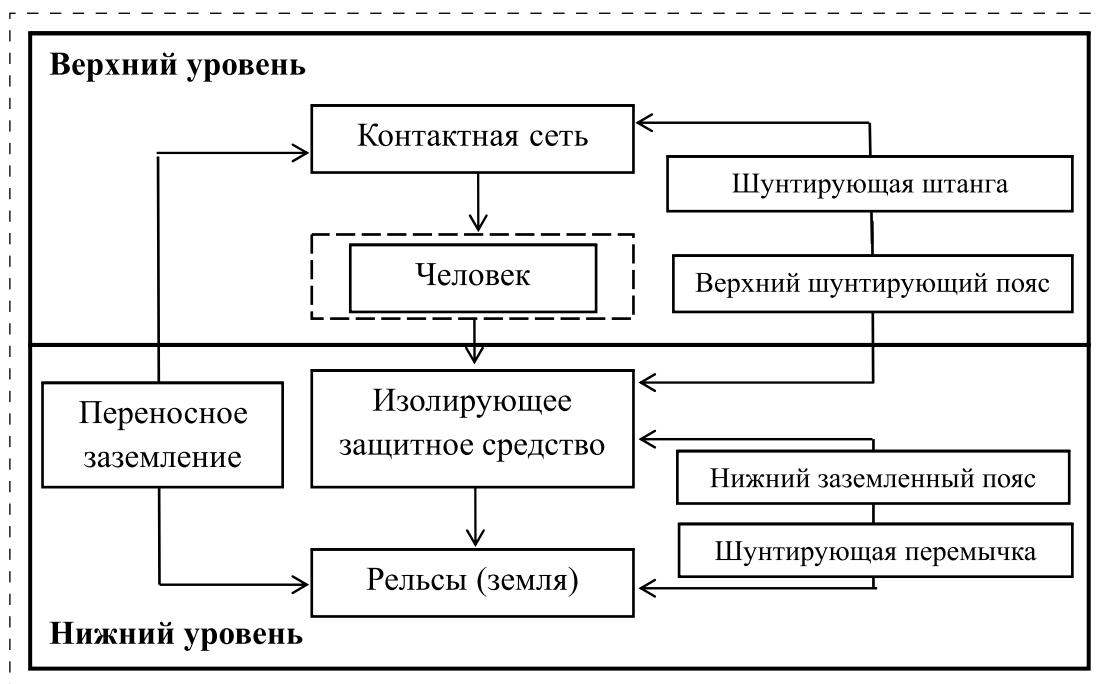


Рис. 1. Схема реализации эквипотенциальных условий при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети

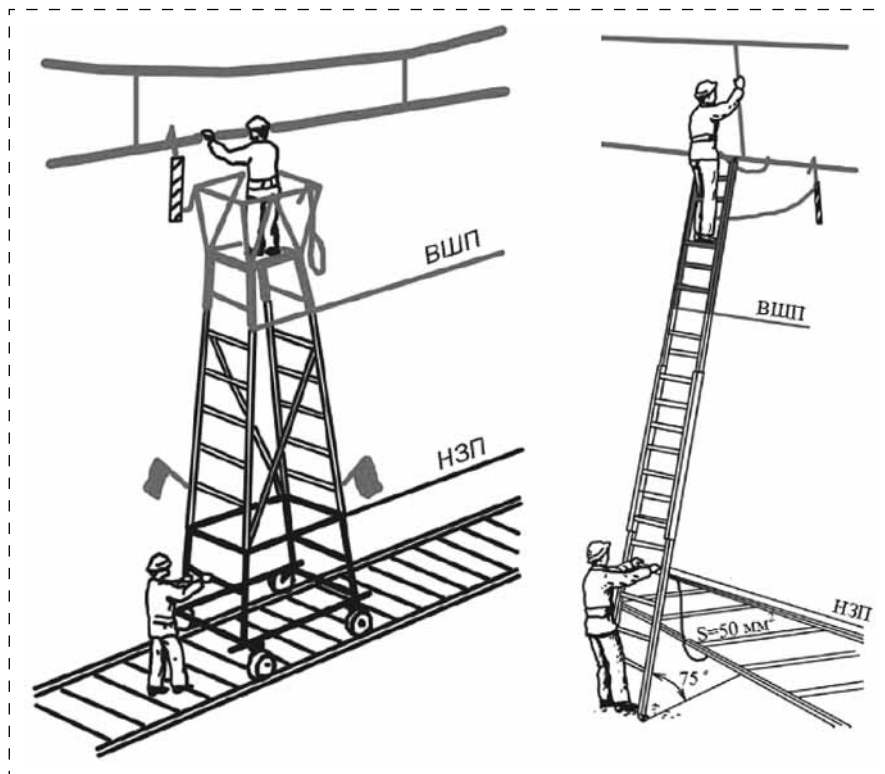


Рис. 2. Обслуживание контактной сети с применением изолирующих защитных средств

организационно-техническое условие электробезопасности: все элементы (части контактной сети, воздушной линии и связанного с ними оборудования) на месте работы, а также выполняющий на них работу персонал, должны находиться под одним и тем же потенциалом. Для этого все элементы контактной сети, воздушной линии и монтажные приспособления, с которых производится работа, соединяются электрически (металлически) друг с другом шунтирующими штангами [2].

Критерии безопасной работы при техническом обслуживании, эксплуатации и технологии ремонта контактной сети электрического транспорта перечислены ниже.

1. Со снятием напряжения все элементы контактной сети и воздушной линии должны быть заземлены.

2. Под напряжением все элементы в зоне работ на контактной сети должны быть поставлены под один потенциал путем включения разъединителей, установки шунтирующих штанг, шунтирующих переключателей.

Приспособление, состоящее из изолирующих рукояток, захватов за провод и гибкого медного провода для соединения разнотенциальных элементов, называется шунтирующей штангой.

Сравнение отечественных и зарубежных заземляющих штанг контактной сети

В настоящее время при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети железных дорог используют известные промышленные переносные заземляющие штанги контактной сети типа УЗП-ЗПМ (с головкой поворотной), УЗП-ЗМ (с пружинным захватом) и шунтирующие штанги типа ШШК-1А для постоянного тока и ШШК-1Б для переменного тока [2, 3].

Переносная заземляющая штанга состоит из следующих основных частей, представленных на рис. 3 [4, 5].

Проведем сравнительный анализ заземляющих штанг контактной сети, применяемых в России и за рубежом, используя данные, приведенные в таблице [4—6].

Использование в отечественных заземляющих штангах усовика для проверки наличия напряжения на "искру" делает возможным в случаях навешивания заземляющих штанг на контактную сеть, находящуюся под рабочим напряжением, повреждение устройств контактной сети и заземляющих штанг, при этом существует высокий риск ожогов и электрического травмирования персонала. Отметим, что указатели напряжения применяются крайне редко из-за сложностей эксплуатации и ограничения времени технологического "окна" на производство работ на контактной сети.

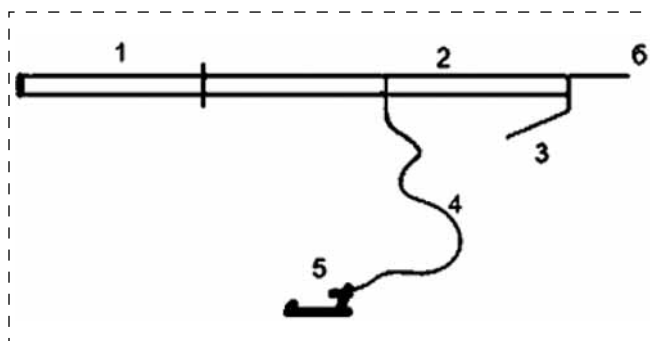


Рис. 3. Принципиальная схема переносной заземляющей штанги контактной сети:

1 — изолирующее звено; 2 — токопроводящее звено; 3 — крюк (заземляющий зажим); 4 — заземляющий провод; 5 — контактное соединение для крепления с рельсом; 6 — усовик



Основные характеристики отечественных и зарубежных заземляющих штанг контактной сети

Параметры заземляющих штанг контактной сети	Российская Федерация	Зарубежные страны
Конструкция	Штанга состоит из нижней изолирующей части и верхней токопроводящей части в виде трубы	Штанга телескопическая изолированная
Крепление заземляющего троса	Заземляющий провод крепится к верхней токопроводящей части	Заземляющий провод крепится к заземляющему зажиму
Крепление к контактной подвеске	Крюк с фиксирующей пружиной с силой нажатия не менее 30 Н	Зажим
Проверка отсутствия напряжения	Проверка усовиком на «искру»	Проверка с помощью указателя напряжения
Заземляющий башмак	С блокировкой безопасности	Зажим (или магнитный заземляющий зажим)
Масса, кг	13,5	11,3
Длина устройства, мм	5700	6400
Длина сложенного устройства, мм	3179	2000
Срок службы, лет	15	15
Сечение заземляющего провода, мм ²	Не менее 50	25...130
Наличие усовика (для проверки отсутствия напряжения)	Да	Нет

В зимнее время из-за наледи и мерзлого балласта затруднена установка заземляющего башмака, что требует значительных усилий и времени, возможны даже смертельные случаи (в 2017 и 2018 гг.). В декабре 2018 г. бригада использовала одну заземляющую штангу, присоединенную вместо рельса к раме автомотрисы, хотя еще в декабре 2017 г. все районы контактной сети должны были демонтировать все заземляющие штанги, установленные на площадках автомотрис и использовать в работе только переносные штанги (телеграмма № исх.-23015 от 30.11.2017 г.). При очередном переезде автомотрисы штанга была снята с контактной сети и электромонтер смертельно травмирован наведенным напряжением. На зарубежных заземляющих штангах контактной сети применяется магнитный заземляющий зажим.

Недостатком отечественных заземляющих штанг является то, что при работе на мачтовых разъединителях возникают трудности при подключении заземляющего башмака. Так как тяговый рельс находится на достаточно большом расстоянии, приходится применять питающий зажим контактной сети КС-054 для соединения шлейфа заземляющей штанги с внешним заземляющим контуром. При заземлении питающих фидеров даже в середине пролета в большинстве случаев не хватает длины заземляющей штанги и заземляющего троса.

Из приведенных данных очевидно, что для снижения риска электрического травмирования при эксплуатации переносных заземляющих устройств на контактной сети необходимо

разработать переносные заземляющие штанги под определенный вид работы. При этом должен быть учтен опыт зарубежных стран. Требуется изменение конструкции штанги, а именно введение отдельной изолированной, съемной, телескопической ручки, что позволит уменьшить габариты и вес штанги и тем самым обеспечить более комфортную ее эксплуатацию.

Для повышения уровня электробезопасности при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети железных дорог должен быть обеспечен автоматический контроль за их применением.

Организационно-технические изменения, влияющие на обеспечение эквипотенциальных условий

С вводом в действие с 5 апреля 2021 г. документов [2, 7] в нарядную систему (наряд-допуск формы ЭУ-115) на производство работ на контактной сети, линиях электропередач, воздушных линиях и связанных с ними устройствах введен допускающий — работник из числа оперативно-ремонтного персонала, производящий проверку отсутствия напряжения и наложения переносных заземлений, оценку достаточности принятых мер по подготовке рабочих мест, инструктирующий ответственного руководителя, производителя работ, членов бригады и осуществляющий допуск к работе. Если допускающий не совмещает обязанности производителя работ (ответственного

руководителя работ), он совмещает обязанности члена бригады [3].

Допускающий несет ответственность и отвечает:

— за правильность выполненных (принятых) им указанных в наряде мер безопасности по подготовке рабочих мест (проверку отсутствия напряжения, установку заземляющих штанг, шунтирующих перемычек);

— за правильный допуск к работе, а также за полноту и качество проводимого им целевого инструктажа ответственного руководителя работ, производителя работ, членов бригады;

— за соблюдение требований безопасности и соблюдение порядка снятия заземляющих штанг по окончании работы [8].

На оборотной стороне наряда-допуска добавилась строка с подписью допускающего, подтверждающая, что рабочее место подготовлено и допуск к работе произведен. До 5 апреля 2021 г. обязанности допускающего были возложены на производителя работ (ответственного руководителя работ).

Заключение

Для снижения риска опасности для жизни и здоровья электротехнического персонала вне зависимости от категории производства работ необходимо соблюдать эквипотенциальные условия при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети железных дорог.

Эффективным путем развития средств защиты от электрического травмирования работников энергетического комплекса ОАО "РЖД" является усовершенствование конструкции заземляющей штанги контактной сети. Следует разработать способы, устройства и методику фиксации применения

заземляющих штанг, а также штанг для переноса и выравнивания потенциала в режиме реального времени, благодаря чему будут выполняться эквипотенциальные условия при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте устройств контактной сети наземного электрического транспорта.

Список литературы

1. **Трудовой кодекс** Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ: с изм. и доп. от 16 декабря 2019 г. — Текст: электронный // КонсультантПлюс: официальный интернет-портал. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683 (дата обращения 03.08.2021).
2. **Инструкция** по безопасности для электромонтеров контактной сети. Утверждена распоряжением ОАО "РЖД" от 16.12.2021 № 301/р. — Екатеринбург: УралЮрИздат, 2021. — 220 с.
3. **Контактная сеть** и воздушные линии. Иллюстрированное пособие по техническому обслуживанию и ремонту контактной сети и воздушных линий. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО "Российские железные дороги". М.: ТРАНСИЗДАТ, 2006. 296 с.
4. **ГОСТ Р 57378—2016**. Штанги заземляющие переносные для контактной сети железной дороги. Технические условия. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200143357> (дата обращения 03.08.2021).
5. **IEC 61230:2008** Live working — Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting. Edition 2.0. Geneva: IEC, 2008. 122 p.
6. **Пазуха А. А.** Оценка и сравнительный анализ изолирующих штанг для наложения заземления на контактную сеть // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов VII Международной студенческой конференции / под ред. А. И. Сидорова. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. С. 124—130.
7. **Правила** безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог ОАО "РЖД". Утверждены распоряжением ОАО "РЖД" от 11.12.2021 № 265/р. — Екатеринбург: УралЮрИздат, 2021. 165 с.

A. A. Pazukha, Postgraduate Student, e-mail: aapazukha@gmail.com,
K. B. Kuznetsov, Professor of Department, e-mail: kkuznetsov@usurt.ru,
 Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

Ensuring Equipotential Conditions During Maintenance, Operation and Repair of the Contact Network

The article discusses the relevance of compliance with equipotential conditions when performing work on the overhead contact network. A scheme for the implementation of equipotential conditions during the maintenance, operation and repair of overhead contact network devices is proposed. The design of a portable grounding rod of the contact network is considered. The characteristics of domestic and foreign grounding rods of the contact network are considered, the directions of improving the grounding rods of the contact network are determined, which will provide equipotential conditions during maintenance, operation and repair technology of the contact network. The role and responsibility of the admitting person in the dressing system during the performance of work on the contact network, power lines, overhead lines and related devices is indicated.



Keywords: labor protection, contact network, electrical injuries, equipotential conditions, admitting person, portable protective grounding rod, shunt rod, live parts of the contact network

References

1. **Labor Code** of the Russian Federation: Federal Law of December 30, 2001, no. 197-FZ: as amended. and add. of December 16, 2019 // ConsultantPlus: the official Internet portal. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683 (date of access 3.08.2021).
2. **Safety instructions** for electricians of the contact network: approved. by order of JSC "Russian Railways" dated 16.12.2021 No. 301/p. Yekaterinburg: Ural Yur Publishing House, 2021. 220 p.
3. **Contact network and overhead lines.** Illustrated manual for the maintenance and repair of the contact network and overhead lines. Department of electrification and power supply of JSC "Russian Railways". Moscow, "TRANSIZDAT", 2006. 296 p.
4. **GOST R 57378—2016** Portable grounding rods for the railway contact network. Technical conditions. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200143357> (date of access 03.08.2021).
5. **IEC 61230:2008** Live working — Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting. Edition 2.0. Geneva: IEC, 2008. 122 p.
6. **Pazukha A. A.** Assessment and comparative analysis of insulating rods for imposing grounding on a contact network. *Life safety in the third millennium: collection of materials of the VII International student conference* / ed. A. I. Sidorov. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2019. P. 124—130.
7. **Safety rules** for the operation of the contact network and power supply devices for automatic blocking of railways of JSC "Russian Railways" dated 11.12.2021 No. 265/p. Yekaterinburg: Ural Yur Publishing House, 2021. 165 p.

УДК 331.45

Е. В. Сотникова, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры, e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru, Московский авиационный институт (научно-исследовательский университет),
Н. Ю. Калпина, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, e-mail: kalpina@list.ru, Московский политехнический университет

Альтернативные подходы к обучению по охране труда на предприятиях

Рассмотрены причины производственного травматизма, наибольшую долю которых составляют слабые навыки действия в сложной ситуации, слабое знание сущности процесса и неумение оценивать информацию о его состоянии (человеческий фактор). Показано, что травматизм связан с недостаточно эффективным процессом обучения по охране труда, которое проводится традиционными методами. Для совершенствования процесса обучения предложен и обоснован новый подход, основанный на использовании интерактивных методов.

Ключевые слова: производственный травматизм, обучение по охране труда, традиционные и интерактивные формы обучения

Введение

Производственный травматизм, в особенности со смертельным исходом является одной из значимых проблем общества. Распространенными причинами низкого уровня безопасности труда, и как следствие высокого производственного травматизма, являются недостатки в обучении работников безопасным методам и приемам выполнения работ, которое выражается в недополучении обучающимися необходимых знаний и навыков

для решения возникающих вопросов безопасности труда и поведению в чрезвычайных ситуациях. Негативные последствия традиционных форм обучения по охране труда часто выявляются при авариях и несчастных случаях на производстве.

Проблема недостатка компетентности работников в вопросах требований охраны труда и профессиональных рисков является одной из основных причин травматизма, смертности и профессиональной заболеваемости. Поэтому совершенствование процесса обучения по охране труда путем внедрения

интерактивных методов является современным направлением деятельности организаций.

В связи с этим весьма актуальным является:

- изучение процесса обучения по охране труда на предприятиях;
- установление возможных причин травматизма работников, участвующих в производственном процессе.

Цель исследования: разработка рекомендаций по улучшению процесса обучения на основе интерактивных методов.

Причины производственного травматизма

Главными причинами производственного травматизма на производстве являются:

- технические причины, которые характеризуются как причины, не зависящие от порядка организации деятельности в организации;
- организационные причины, полностью зависящие от степени организации трудового процесса;
- санитарно-гигиенические причины;
- личностные (психофизиологические) причины.

В настоящее время выросло число аварий, которые происходят из-за неверных действий работников предприятий. Причиной является неумение принять оптимальное решение в сложной обстановке в условиях недостатка времени. Исходя из этого, весьма значимыми являются вопросы обучения безопасным методам и приемам выполнения работ, навыкам анализа и оценки опасных и вредных производственных факторов, а также поведению в чрезвычайных ситуациях. Факторы производственного травматизма приведены в таблице [1].

Методы и средства снижения производственного травматизма

Предупреждение травматизма является важной задачей государства, над которой работают специализированные институты, а также отделы охраны труда на предприятиях.

Для того чтобы проинформировать работающих об условиях и состоянии охраны труда на рабочих местах и предупреждения производственного травматизма создается перечень травмоопасных нарушений. Работник обязан ознакомиться с ними при проведении инструктажей.

Согласно ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации (ТК РФ) на работодателя возлагаются обязанности по обеспечению работников

Распределение факторов аварийности и травматизма

№ п/п	Факторы	Доля, %
1	Человеческий фактор для работающих (всего): слабые навыки действия в сложной ситуации; неумение оценивать информацию о состоянии процесса; слабое знание сущности происходящего процесса; отсутствие самообладания в условиях стресса; технологическая недисциплинированность; прочие факторы, зависящие от работающих	50,1 12,7 12,3 7,3 5,6 8,0 4,2
2	Оборудование, техника (всего): не учитываются особенности работоспособности человека; высокая энергоёмкость оборудования; опасные отказы; низкое качество конструкции рабочих мест; прочие	18,1 1,5 0,7 8,0 6,0 1,9
3	Технология выполнения работ (всего): неудобство подготовки и выполнения работ; неудобство ремонта и технического обслуживания; сложность алгоритма деятельности человека; необходимость нахождения в опасной зоне	7,8 2,0 3,8 1,2 0,8
4	Условия внешней среды (всего): дискомфорт; низкое качество информационных моделей о внешней среде; опасные природные воздействия на систему	16,6 2,8 4,8 9,0
5	Другие факторы	7,4

безопасными условиями труда [2]. Работодатель должен разработать и ввести в действие систему управления охраной труда на предприятии с учетом специфики его работы и численности штатного персонала или же организовать службу охраны труда для делегирования ей своих полномочий.

Ст. 217 ТК РФ устанавливает, что в организациях, численность работающих в которых превышает 50 человек, создается служба охраны труда и нанимается специалист по охране труда, который имеет соответствующую квалификацию [2].

Каждому работающему на предприятии в соответствии с законодательством РФ необходимо пройти обучение по охране труда, инструктажи по охране труда, стажировку и проверку знаний требований охраны труда. Обучение может проходить как в специальных учебных заведениях, так и на предприятии.

Далее перечислены мероприятия, которые способствуют снижению травматизма и предотвращению его появления.

1. Модернизация технических систем (безопасные технологические процессы и оборудование, использование эффективных защитных устройств, наличие устройств блокировки и др.).



2. Улучшение организации труда: качественное обучение и аттестация работников, проведение инструктажей по охране труда, распорядок режимов труда и отдыха по законодательству РФ, исполнение планов профилактики травмирования работающих и устранение аварий и пр.

3. Способствование созданию безопасных условий труда: уменьшение опасных и вредных факторов до приемлемых значений, улучшение освещения и микроклимата в помещениях предприятия, достаточная вентиляция помещений и пр.

4. Материальное стимулирование работников, выполняющих работу без травм и аварий.

5. Прогнозирование возникновения опасностей, которые могут привести к травмированию работающих, и их дальнейшее предотвращение.

В целях обеспечения безопасных условий труда в каждой организации разрабатываются инструкции по охране труда на основе типовых по профессиям и видам производственных работ. В соответствии с Методическими рекомендациями по разработке государственных нормативных требований по охране труда, утвержденными Постановлением Минтруда России от 17 декабря 2002 г. № 80, инструкции по охране труда должны быть утверждены руководителем организации, при учете письменного мнения профсоюза или другого уполномоченного органа. Инструкции пересматриваются один раз в пять лет [3].

В целях уменьшения вероятных рисков травматизма и профзаболеваний работающих руководитель предприятия обязан проводить специальную оценку условий труда (СОУТ) на рабочих местах на основании Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" и реализовать на основании результатов специальной оценки условий труда план действий по модернизации условий труда на предприятии.

Организация обучения по охране труда на предприятиях

Обучение всех работников предприятия проводится в соответствии с положением, определяющим порядок проведения обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работниками организации согласно ст. 225 ТК РФ, ГОСТ 12.0.004—2015 "Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения" и п. 7.2.4 "Постановления об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны

труда работников организации" от 13.01.2003 № 1/29 (в редакции от 30 ноября 2016 года) Министерства труда и социального развития Российской Федерации и Министерства образования Российской Федерации [2, 3].

Проверка знаний работников на предприятиях осуществляется комиссией в составе более трех человек, которые прошли обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в предусмотренном порядке. Комиссия создается приказом директора предприятия. В состав комиссии по экспертизе требований охраны труда на предприятии входят руководители предприятия и его структурных подразделений, специалист службы охраны труда, главные специалисты (главный технолог, главный энергетик, инженер по охране труда и др.) [1, 4]. Комиссия работает согласно графику, который должен быть объявлен экзаменуемым.

До начала проведения проверки работники должны быть ознакомлены с анкетами по безопасным методам работы, которые рекомендуются для проведения занятий. Анкета разработана в полном соответствии с утвержденной программой обучения сотрудников. По результатам проверки знаний составляется протокол, подписанный всеми членами комиссии.

Ответственность за качество обучения и выполнение утвержденных программ по охране труда несет директор в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации.

Работник, не пришедший на проверку знаний требований охраны труда в соответствии с графиком, обязан пройти повторную проверку знаний. Ответственность за надлежащее оформление и хранение документов по работе комиссии возлагается на инженера по охране труда [1].

Процесс обучения работников соответствует требованиям Российской Федерации в области подготовки кадров по охране труда, однако для повышения эффективности процесса обучения необходимо совершенствовать этот процесс.

Разработка интерактивных форм обучения по охране труда

Совершенствование процесса обучения по охране труда началось в 2018 г. на законодательном уровне. Основным документом, который регламентирует подготовку работающих по охране труда, является Постановление от 13.01.2003 № 1/29 "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций". Данный документ был принят более 18 лет

назад и уже устарел. В 2018 г. Министерством труда был принят проект нового Порядка, согласно которому все виды обучения подразделяются на следующие группы:

- обучение в организациях, которые осуществляют образовательную деятельность, аккредитованных в порядке, установленном законодательством РФ;
- обучение работающих безопасным методам и приемам выполнения работ;
- инструктажи по вопросам безопасного выполнения работ;
- стажировки на рабочем месте;
- обучение оказанию первой помощи пострадавшим.

Тестирование знаний после обучения должно проводиться в форме общего компьютерного тестирования, после прохождения которого обучающимся выдают удостоверения [1, 4].

Существующие учебные программы по охране труда, разработанные в соответствии с Приказом Минтруда России от 21 июня 2003 г. № 153 "Об утверждении образцовых учебных программ по охране труда для различных категорий застрахованных" (в редакции от 12 февраля 2014 г.) направлены на получение теоретических знаний в области охраны труда, но не развивают практические навыки для решения проблем. Учебный процесс направлен на ознакомление с нормативно-правовыми документами, требованиями, на изучение теоретических основ в области охраны труда и других вопросов с использованием традиционных методов обучения [5].

При рассмотрении имеющихся программ обучения по охране труда, включая все виды инструктажей, были предложены мероприятия по совершенствованию метода обучения работников организации.

Американский педагог Э. Дейл в 1969 г. разработал так называемый "Конус", который показывает наиболее эффективные способы усвоения материала при обучении (рис. 1): обобщенный индивидум усваивает до 10 % информации, когда только читает, до 20 % — когда слушает, до 30 % — когда видит, до 50 % — когда видит и наблюдает, 70 % — когда



Рис. 1. Конус Э. Дейла

участвует в дискуссии, выступает с речью, 90 % — при имитации и выполнении реальной деятельности. Следует учитывать, что эти показатели зависят от уровня мотивации и образования обучаемого.

В настоящее время обучение традиционно проводится устно с использованием "небольшого" визуального материала.

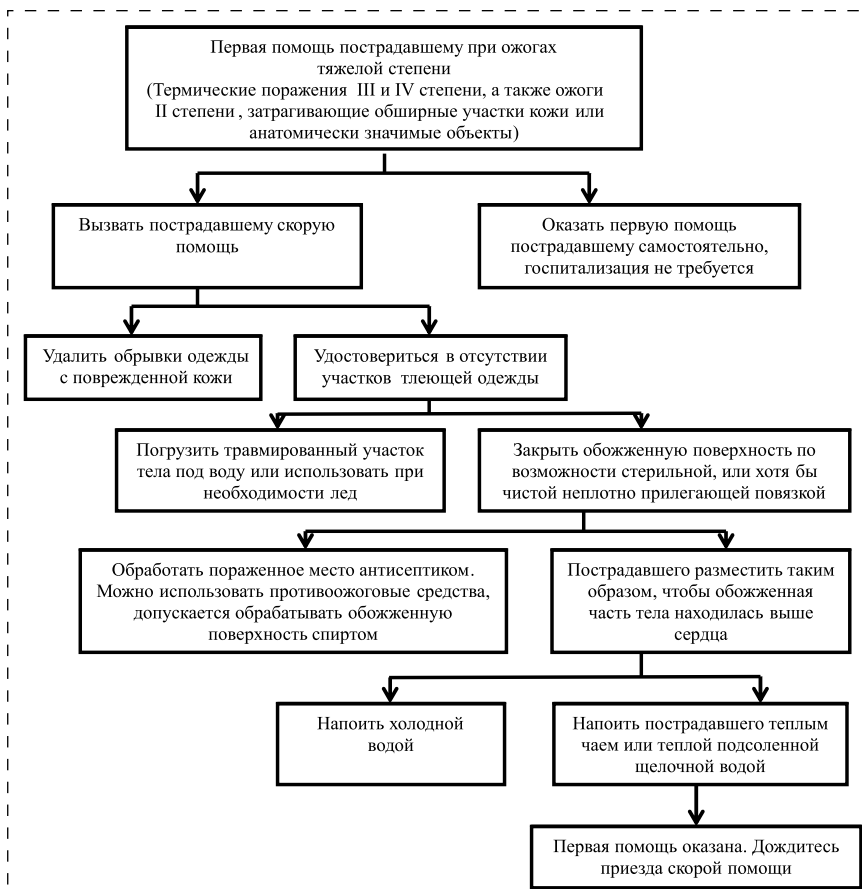


Рис. 2. Алгоритм работы программы по оказанию первой помощи пострадавшим при ожогах тяжелой степени

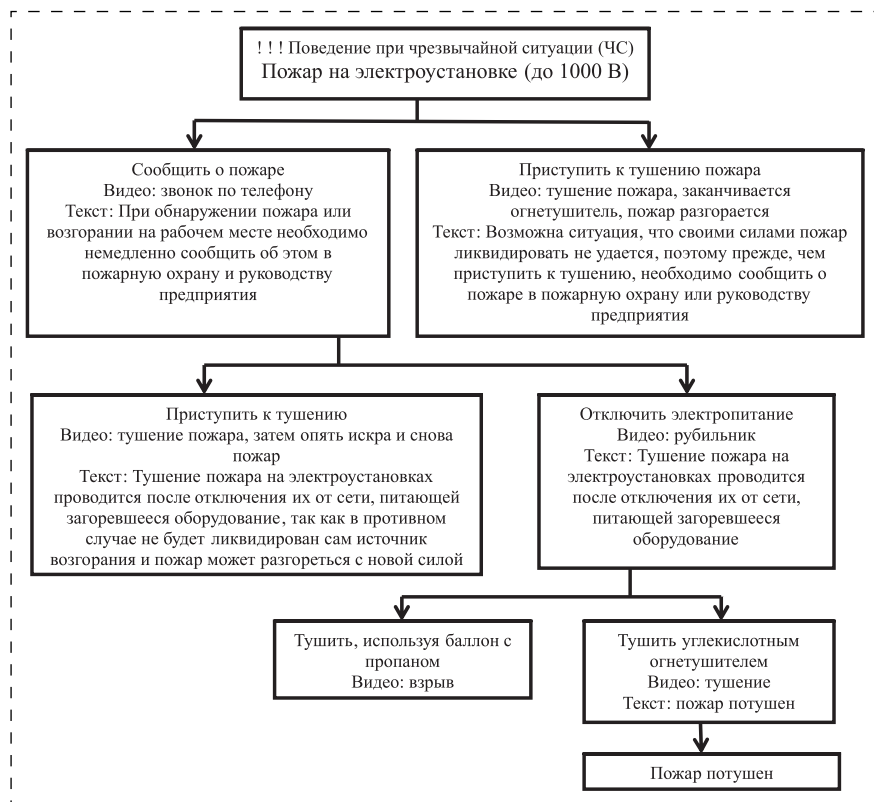


Рис. 3. Алгоритм работы программы при ЧС (тушение пожара на электроустановках до 1000 В)

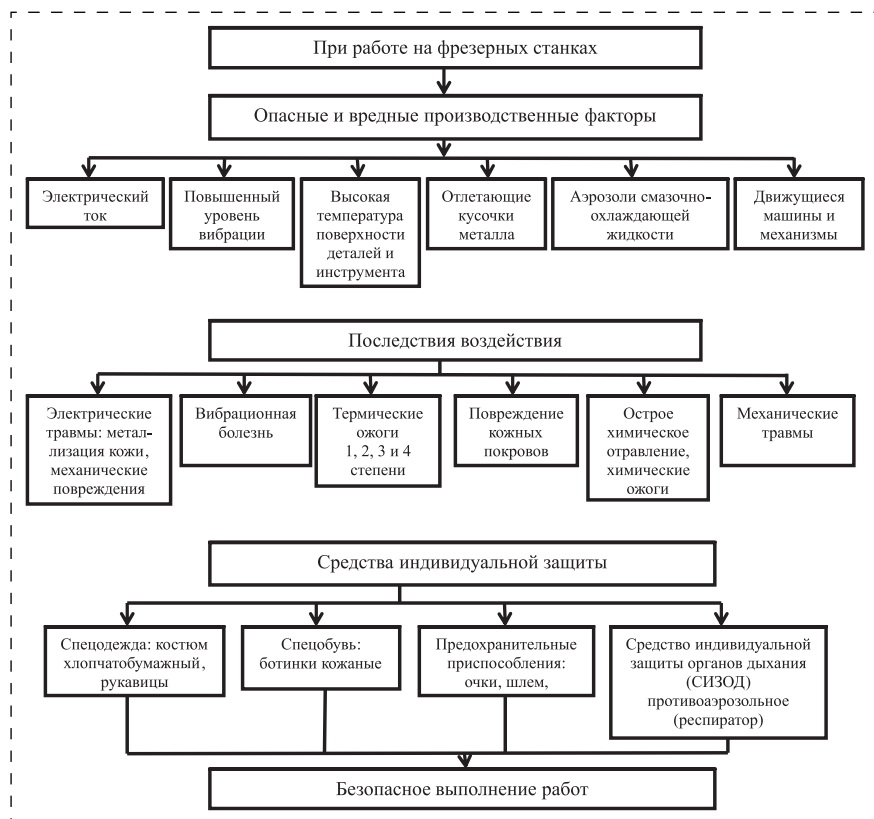


Рис. 4. Наглядное мультимедийное приложение по охране труда при работе на фрезерных станках

Альтернативный подход к обучению заключается в применении интерактивных моделей обучения, в которых используется совместное решение проблем. Обучающиеся становятся субъектами взаимодействия и активно участвуют в учебном процессе.

Однако существуют серьезные препятствия для массового внедрения интерактивной модели обучения. Во-первых, необходимо дополнительно обучать преподавательский состав способам интерактивного обучения работающих с использованием компьютерной техники, алгоритмов с обучающими программами. Во-вторых, необходимо внедрить на предприятии компьютерные мультимедийные программы по охране труда. Эти программы представляют собой набор мультимедиа-сюжетов, где обучаемый выступает не просто в роли зрителя, а в роли лица, которому необходимо принимать решения и выполнять определенные действия.

В зависимости от этих действий (правильных или неправильных) упорядочивается последовательность мультимедийных фрагментов. Принятие неправильного решения (не вызвать вовремя помощь, не отключить электропитание, не вызвать пострадавшему скорую помощь, не удостовериться в отсутствии у пострадавшего фрагментов тлеющей одежды и т. д.) влечет за собой определенные последствия, которые сразу же демонстрируются обучаемому, после чего программа возвращает его на шаг назад и ему вновь предоставляется право выбора. Данные алгоритмы представлены на рис. 2—4.

Необходимость использования в образовательной деятельности подготовки специалистов лабораторных работ и практикумов обусловлена тем, что

экспериментальный метод является средством не только получения дополнительной информации, но и закрепления знаний. Лабораторные работы и практикумы являются важным условием активизации процессов мыслительной деятельности обучаемых, а также формирования представлений о применении в профессиональной деятельности полученных теоретических знаний.

Важным условием повышения эффективности обучения по охране труда, мотивации к усвоению учебного материала также является использование наглядных технических средств безопасности и нормализации условий труда.

Заключение

Основной причиной производственного травматизма на предприятиях является человеческий фактор, связанный в том числе с организацией процесса обучения по охране труда. Для снижения производственного травматизма необходимо в процессе обучения по охране труда применять интерактивные модели на примере программ по поведению в ЧС, оказанию первой

помощи пострадавшим и инструктажа на рабочем месте.

Использование интерактивных компьютерных мультимедийных программ усиливает внимание, способствует запоминанию информации, в результате повышается эффективность обучения по охране труда, что приводит к уменьшению несчастных случаев на производстве и сокращению производственного травматизма

Список литературы

1. **Медведев В. Т.** Охрана труда и промышленная экология: Учебник. М.: Академия, 2019. 464 с.
2. **Трудовой кодекс** Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2013).
3. **Постановление** Минтруда России от 08.02.2000 № 14 (ред. от 12.02.2014) "Об утверждении Рекомендаций по организации работы Службы охраны труда в организации".
4. **Постановление** Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. № 1/29 "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций" (с изменениями и дополнениями).
5. **Приказ** Минтруда России от 21.06.03 № 153 "Об утверждении примерных программ обучения по охране труда отдельных категорий застрахованных" (с изменениями на 12 февраля 2014 г.).

E. V. Sotnikova, Associate Professor, e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru,
Moscow Aviation Institute (National Research University),

N. Yu. Kulpina, Associate Professor, e-mail: kulpina@list.ru, Moscow Polytechnic University

Alternative Approaches to Instruction on Labor Protection for Enterprises

The causes of occupational injuries are considered, the largest share of which are weak skills of action in a difficult situation, poor knowledge of the essence of the process and inability to assess information about its condition (human factor). It is shown that injuries are associated with an insufficiently effective process of occupational safety training, which is carried out by traditional methods. To improve the learning process, an innovative approach based on the use of interactive methods is proposed and justified.

Keywords: occupational injuries, occupational safety training, traditional and interactive forms of training

References

1. **Medvedev V. T.** Okhrana truda i promyshlennaya ekologiya: Uchebnik. Moscow: Academia, 2019. 464 p.
2. **Trudovoi kodeks** Rossiiskoi Federatsii ot 30.12.2001. No. 197-FZ (redakcija ot 01.04.2013).
3. **Postanovlenie** Mintruda Rossii ot 08.02.2000 No. 14 (redakcija ot 12.02.2014 Ob utverzhdenii Rekomendacij po organizacii raboty Sluzhby okhrany truda v organizacii).
4. **Postanovlenie** Mintruda RF i Minobrazovaniya RF ot 13 janvarja 2003 g. No. 1/29 Ob utverzhdenii Porjadka obuchenija po okhrane truda i proverki znaniy trebovanij okhrany truda rabotnikov organizacii.
5. **Prikaz** Mintruda Rossii ot 21.06.03 No. 153 Ob utverzhdenii primernykh programm obuchenija po okhrane truda otdelnykh kategorij zastrahovannykh s izmenenijami na 12 fevralja 2014 g.



УДК 331.45

Н. А. Филина, канд. техн. наук, доц. кафедры,
Е. А. Садовина, студент, e-mail: esadovina@inbox.ru,
Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола

Анализ проведенной специальной оценки условий труда по районам и учреждениям образования Республики Марий Эл

Рассмотрен мониторинг проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах хозяйствующих субъектов Республики Марий Эл в разрезе муниципальных образований (районов), а также учреждений образования. Выявлен процент проведения СОУТ в каждом районе республики, а также представлены учреждения, в которых не проводится специальная оценка условий труда. Идентифицированы вредные производственные факторы, влияющие на работников Поволжского государственного технологического университета. Проведен анализ условий труда преподавателей вуза.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, районы, учреждения образования, класс условий труда, идентификация, вредные производственные факторы

Введение

Согласно ст. 3 Федерального закона от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти гигиенических нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников [1]. Специальная оценка должна проводиться на всех предприятиях независимо от их формы собственности во всех субъектах РФ.

Проведение специальной оценки условий труда на предприятиях муниципальных образований Республики Марий Эл

Рассмотрим порядок проведения специальной оценки условий труда на примере Республики Марий Эл (РМЭ). В состав Республики Марий Эл входят 14 районов: Звениговский, Волжский, Горномарийский, Килемарский, Куженерский, Мари-Турекский, Медведевский, Моркинский, Новоторъяльский, Оршанский, Параньгинский, Сернурский, Советский, Юринский и три

городских округа: Волжск, Козьмодемьянск, Йошкар-Ола.

Согласно сведениям о ходе проведения специальной оценки условий труда на предприятиях и в организациях, осуществляющих свою деятельность на территории Республики Марий Эл, за период с 1 февраля 2016 г. по 31 января 2021 г. всего в РМЭ насчитывалось 13 695 предприятий, которые включают в себя 182 883 рабочих мест. Как показывает статистика по проведению спец-оценки в РМЭ лишь 5503 предприятия ее выполнили, что составляет 40,2 % от общего числа всех предприятий РМЭ. Мониторинг проведения СОУТ за этот период показал, что в Республике Марий Эл специальная оценка проведена на 153 408 рабочих местах из 182 883 возможных (см. таблицу).

Проведение специальной оценки условий труда в учреждениях образования

Анализ проведения СОУТ на рабочих местах учреждений образования показывает, что выше среднереспубликанского показателя (97,0 %) охват рабочих мест СОУТ в следующих районах и городских округах:

— г. Козьмодемьянск; Килемарский район; Куженерский район; Оршанский район; Параньгинский район; Сернурский район; Советский район; Мари-Турекский район; Юринский район — СОУТ на 100,0 % рабочих мест;

Результаты проведения специальной оценки условий труда в районах и городских округах РМЭ за период 2016—2021 гг.

№	Районы и городские округа РМЭ	Количество предприятий	Количество рабочих мест	Проведена спецоценка	
				Количество предприятий	Количество рабочих мест
1	Звениговский	479	9963	181 (37,8 %)	7538 (75,7 %)
2	Волжский	1605	16 535	398 (24,8 %)	11 828 (71,5 %)
3	Горномарийский	528	7457	149 (28,2 %)	6168 (82,7 %)
4	Килемарский	155	1494	73 (47,1 %)	1461 (97,8 %)
5	Куженерский	146	1743	76 (52,1 %)	1543 (88,5 %)
6	Мари-Турекский	201	3319	103 (51,2 %)	2970 (89,5 %)
7	Медведевский	1312	16 816	530 (40,4 %)	13 572 (80,7 %)
8	Моркинский	249	3753	114 (45,8 %)	2707 (72,1 %)
9	Новоторъяльский	124	2590	68 (54,8 %)	2191 (84,6 %)
10	Оршанский	175	2800	98 (56,0 %)	2658 (94,9 %)
11	Параньгинский	176	1965	137 (77,8 %)	1467 (74,7 %)
12	Сернурский	199	3974	102 (51,3 %)	2823 (71,0 %)
13	Советский	306	9805	146 (47,7 %)	6828 (69,6 %)
14	Юринский	103	911	63 (61,2 %)	893 (98,0 %)
15	Йошкар-Ола	7937	99 758	2946 (37,1 %)	83 454 (83,7 %)
Всего		13 695	182 883	5503 (40,2 %)	153 408 (83,9 %)

— Моркинский район — СОУТ на 98,2 % рабочих мест;

— г. Йошкар-Ола — СОУТ на 97,4 % рабочих мест;

— Медведевский район — СОУТ на 97,2 % рабочих мест.

В Новоторъяльском районе спецоценка в учреждениях образования проведена в 20 образовательных учреждениях из 21, что составляет 95,2 %.

Следует отметить, что СОУТ в Республике Марий Эл проводят в основном государственные учреждения. Частные проводят СОУТ на свое усмотрение, и не проведение СОУТ может повлечь за собой административную ответственность в соответствии с ч. 2 ст. 5.27.1 Кодекса об административных правонарушениях Российской Федерации от 30.12.2001 № 195-ФЗ (КоАП РФ) [2]. Поэтому в России создана федеральная государственная информационная система (ФГИС) учета результатов проведения специальной оценки условий труда, которая занимается организацией сбора информации, ее обработкой и хранением данных по вопросам охраны труда.

Отчет о проведенной спецоценке условий труда хранится в Министерстве труда и социальной защиты РФ. Но к сведениям, содержащимся во ФГИС СОУТ, могут иметь доступ Федеральная служба по труду и занятости и ее территориальные органы; Пенсионный фонд РФ, Фонд социального страхования РФ и иные страховщики; Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Органы исполнительной власти субъектов РФ в области охраны труда.

Количество декларированных рабочих мест в РМЭ на 1 февраля 2021 г. составило 84 593 рабочих мест, или 46,3 % от всех имеющихся рабочих мест, состоящих на учете в региональном отделении Фонда социального страхования Российской Федерации по Республике Марий Эл.

Анализ проведения СОУТ муниципальных районов и городских округов Республики Марий Эл показывает, что большинство этих районов и городских округов проводят СОУТ на рабочих местах предприятий и организаций республики. Выше среднереспубликанского показателя



(84,0 %) охват рабочих мест СОУТ в следующих районах:

- Юринский район; Килемарский район — СОУТ на 98,0 % рабочих мест;
- Оршанский район — СОУТ на 95,0 % рабочих мест;
- Мари-Турекский район — СОУТ на 90,0 % рабочих мест;
- Куженерский район — СОУТ на 89,0 % рабочих мест;
- Новоторъяльский район — СОУТ на 85,0 % рабочих мест.

Рассмотрим вопросы проведения специальной оценки условий труда в учреждениях образования на примере Поволжского государственного технологического университета (ПГТУ).

Работа преподавателя только на первый взгляд кажется не опасной, так как она не приводит к профессиональным заболеваниям или травмам. Для данного вида деятельности разработана своя методика охраны труда на рабочем месте. Соблюдение инструкций обеспечивает защиту прав преподавателя и сохраняет здоровье студентов.

Преподаватель вправе требовать от администрации вуза улучшения освещения в аудиториях, повышения качества технологического оснащения, регулярной санитарной и гигиенической обработки помещений. Если какие-либо нормы не соблюдаются, то сотрудник вправе обратиться к руководству, либо к лицу, ответственному за охрану труда в вузе. Данные факторы должны быть проверены при проведении специальной оценки условий труда.

Специальная оценка условий труда в учреждениях образования призвана доказать, что сотрудник работает в комфортных условиях и его здоровье в безопасности.

Оценка факторов производственной среды в вузе проводится в соответствии с установленным регламентом: администрация вуза обязана заключить договор на проведение специальной оценки условий труда с организацией, имеющей право на ее проведение, которая проанализирует состояние рабочих мест.

Данное мероприятие проводится в целях: оперативного выявления вредных факторов и уровня их воздействия на работников вуза; проверки применения средств коллективной и индивидуальной защиты, их эффективности. В случае выявления независимыми экспертами вредных или

опасных производственных факторов, выполняются инструментальные замеры для определения уровня влияния этих факторов на работников и установления класса условий труда: оптимального, допустимого, вредного или опасного.

Класс условий труда влияет на тарификацию страхового тарифа, вносимого работодателем в Пенсионный фонд РФ.

Работает и формула обратной пропорции: работникам, осуществляющим профессиональную деятельность в максимально комфортных и безопасных условиях, полагаются наименьшие начисления в ПФ. Также определяются компенсации и гарантии, предоставляемые в соответствии с классами условий труда: длительность отпуска и рабочего дня, дополнительные финансовые начисления к ставке, установленной в соответствии с трудовым договором.

Для организации и проведения специальной оценки условий труда работодателем создается комиссия по проведению специальной оценки условий труда с нечетным количеством членов комиссии. Приказом утверждается график проведения спецоценки. В ПГТУ специальная оценка условий труда проводилась в четыре этапа с 2015 по 2018 г. Для ее проведения был заключен договор с ООО "Безопасность и охрана труда" г. Чебоксары. Были изданы приказы о составе комиссии и определены рабочие места для проведения спецоценки.

Специальная оценка условий труда проводится один раз в пять лет. Как правило, условия труда в образовательных учреждениях не являются сложными и оцениваются на уровне офисных рабочих мест [3].

Эксперт, проводящий спецоценку условий труда, вначале идентифицирует вредные и опасные факторы. Если экспертом вредные факторы не идентифицированы, условия труда признаются допустимыми.

При этом исследование и измерение вредных и (или) опасных производственных факторов не проводится. На такие рабочие места оформляется декларация соответствия. Если же вредные и (или) опасные производственные факторы идентифицированы, комиссия принимает решение о проведении исследований и измерений данных факторов.

Эксперт вправе провести какие-либо выборочные измерения в случае наличия жалоб сотрудников. Результаты измерений не войдут в отчет

о проведении спецоценки [4]. В ходе идентификации эксперт вправе самостоятельно предложить комиссии по СОУТ совокупность факторов производственной среды, которые могут быть измерены. При этом те же самые факторы могут измеряться в рамках производственного контроля, несмотря на то что они уже измерялись в процессе СОУТ.

В ходе СОУТ преподавателей ПГТУ рассматривались и измерялись параметры гигиенических условий труда, такие как тяжесть, напряженность трудового процесса и уровень освещенности рабочего места.

1. По тяжести трудового процесса основными параметрами у преподавателей являются рабочая поза и перемещение в пространстве.

Практика показывает, что по тяжести трудового процесса класс условий труда чаще всего относится либо к допустимому (класс 2), либо вредному первой степени (класс 3.1), так как ограничить нахождение на ногах, перемещение в пространстве можно внесением дополнительных правил в режим труда и отдыха.

2. По напряженности трудового процесса основным параметром для преподавателя является нагрузка на его голосовой аппарат.

Нагрузка на голосовой аппарат в вузе может считаться вредным фактором для преподавателей, если будет составлять более 20 ч в неделю, т. е. в день преподаватель должен говорить как минимум 4 ч.

В вузе такая нагрузка на голосовой аппарат возможна, поэтому до начала проведения СОУТ желательно провести хронометраж голосовой нагрузки.

3. Освещенность рабочей поверхности также крайне редко идентифицируется экспертами в образовательных учреждениях как вредный фактор [3, 5].

Однако есть нормы по освещению в аудитории — 500 лк и доска может быть источником отраженной блескости, эти параметры не всегда соблюдаются, поэтому эксперт может самостоятельно идентифицировать данный фактор и провести измерения.

Данные результатов проведенной СОУТ в ПГТУ показывают, что условия труда на рабочих местах преподавателей признаны допустимыми, т. е. не требующими проведения мероприятий по улучшению условий труда.

Теперь рассмотрим, какие гарантии и компенсации по результатам СОУТ положены преподавателям.

1. Согласно ст. 333 ТК РФ рабочее время не может превышать 36 ч, независимо от результатов СОУТ.

2. Отпуск преподавателям в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 14.05.2015 № 466 устанавливается удлиненный. Он также не будет зависеть от результатов СОУТ [1].

Встает вопрос, нужно ли проводить специальную оценку в образовательных учреждениях, если по ее результатам ничего не изменится?

В первую очередь цель специальной оценки условий труда это определение уровня вредности на рабочих местах и только потом определение гарантий и компенсаций за работу в этих условиях.

Однако есть еще один факт о котором не следует забывать: если по результатам проведения специальной оценки условия труда преподавателя признаны вредными, то он получит льготы и компенсации свыше установленных за педагогическую деятельность.

Результаты СОУТ в ПГТУ показывают, что это 2-й класс условий труда. В основном СОУТ для преподавателей проводили по фактору напряженности труда и не была учтена лекторская нагрузка на голосовой аппарат.

В ПГТУ была полностью проведена специальная оценка условий труда. Результаты приведены ниже.

- 1446 рабочих мест получили оценку 1 и 2 класс, т. е. условия труда оптимальные и допустимые, не требующие мероприятий по улучшению условий труда.
- 48 рабочих мест получили оценку 3.1, т. е. вредные условия труда 1 степени вредности, к ним отнесены 5 мест газосварщиков, 5 мест рабочих по комплексному обслуживанию и ремонту зданий, 2 места корректора, 1 место инженера и переплетчика отдела полиграфии, 2 места учебного мастера института дополнительного профессионального образования, 2 места учебного мастера автошколы, 11 мест водителей автотранспортного цеха, учебного мастера.

Рабочие места, отнесенные к классу 3.1, входят в список рабочих мест с вредными (опасными) условиями труда, по которым положены доплаты к тарифной ставке. Также они входят в списки "Рабочих мест (профессий и должностей), на которых выдается молоко или другие равноценные пищевые продукты". Три рабочих места электрогазосварщиков входят в список "Профессий и должностей, имеющих право на досрочное назначение трудовой пенсии".



Заключение

Учитывая вышесказанное, можно сделать следующие выводы по результатам проведения специальной оценки условий труда сотрудников вуза:

- Особые условия за педагогическую работу (отпуск, сокращенная рабочая неделя) сохраняются при любых результатах оценки условий труда.
- При нормальном функционировании образовательного учреждения маловероятно, что условия труда преподавателей будут вредными.
- Оценить условия труда на своих рабочих местах можно самостоятельно и рекомендуется периодически такую оценку проводить.

Список литературы

1. **Федеральный закон** от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".
2. **Кодекс** Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ.
3. **Филина Н. А., Фирсова А. Е.** Проведение специальной оценки условий труда в ПГТУ // Труды Поволжского государственного технологического университета. 2019. № 7. С. 192—196.
4. **Приказ** Минтруда России от 24 января 2014 г. № 33 "Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению".
5. **СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03** "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий", введенными в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 8 апреля 2003 г. № 34.

N. A. Filina, Associate Professor, **E. A. Sadovina**, Student, e-mail: esadovina@inbox.ru, Volga State Technological University, Yoshkar-Ola

Analysis of the Special Assessment of Working Conditions in the Regions and Educational Institutions of Mari El Republic

The monitoring of the special assessment of working conditions at the workplaces of economic entities Mari El Republic in the context of municipalities, as well as educational and cultural institutions is considered. The percentage of SOUT in each region of the republic was revealed, and institutions that do not carry out a special assessment of working conditions are presented. Hazardous production factors of employees of the Volga State Technological University have been identified. An analysis of the working conditions of university teachers was carried out.

Keywords: special assessment of working conditions, regions, educational institutions, class of working conditions, identification, harmful production factors

References

1. **Federal Law** No. 426-FZ of December 28, 2013 "On Special Assessment of Working Conditions".
2. **Code** of the Russian Federation on Administrative Offenses dated 30.12.2001 No. 195-FZ.
3. **Filina N. A., Firsova A. E.** Conducting a special assessment of working conditions at PSTU. *Proceedings of the Volga State Technological University*. 2019. No. 7. P. 192—196.
4. **Order** of the Ministry of Labor of Russia dated January 24, 2014 No. 33 "On approval of the Methodology for conducting a special assessment of working conditions, the Classifier of harmful and (or) hazardous production factors, a report form for conducting a special assessment of working conditions and instructions for filling it out".
5. **SanPiN 2.2.1/2.1.1.1278—03** "Hygienic requirements for natural, artificial and combined lighting of residential and public buildings", enacted by the decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of April 8, 2003 No. 34.

УДК 551.576:629.7(479.24)

Т. Д. Агаев, д-р геогр. наук, проф., e-mail: aqayev_tahir@mail.ru, Сумгайытский государственный университет, Азербайджан

Исследования трансграничного загрязнения атмосферы Кавказско-Каспийского региона пыльными бурями на основе спутниковых данных

Приведены результаты исследования трансграничного загрязнения атмосферы Кавказско-Каспийского региона пыльными бурями на основе спутниковых данных. Используются методы статистического анализа, дешифрирования фотоизображений, получаемых с искусственных спутников Земли, а также данные датчика MODIS с оптической толщиной аэрозоля (уровень 2, версия 4). Отмечено, что изучение пыльных бурь имеет большое значение для хозяйственной деятельности. При этом важно определить, насколько далеко может распространяться атмосферная пыль, каковы истинные размеры пылевых выносов, область осаднения и накопления осадочного материала. С экологической точки зрения полученные результаты позволят оценить степень загрязнения атмосферы пылью на больших территориях.

Ключевые слова: трансграничный перенос, пыльные бури, загрязнение атмосферного воздуха, космические фотоизображения, оптическая толщина атмосферы

Введение

Исследования трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере вследствие как природных явлений, так и техногенных катастроф, а также оценка его влияния на окружающую среду является актуальной задачей современной экологической науки. Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха — это загрязнение воздушного бассейна в результате переноса вредных примесей, источник которых расположен на территории иностранного государства. Основными факторами, определяющими роль загрязняющих веществ в атмосферном трансграничном переносе, являются: характер распространения этих веществ и продуктов их превращения в атмосфере; объем выбросов; последующая миграция и трансформация в других средах после выпадения из атмосферы; воздействие на природные процессы и экосистемы. Негативное влияние переносимых загрязняющих веществ при трансграничном переносе может охватывать огромные пространства, особенно при пыльных (песчаных) бурях [1].

При пыльных (песчаных) бурях наблюдается перенос огромного количества пыли (частиц почвы, песчинок) ветром с земной поверхности.

Происходит подъем пыли (песка) в воздух и одновременно оседание ее на большой территории, значительно ухудшается горизонтальная видимость. Такие бури часто возникают в теплое время года на пустынных и полупустынных территориях при сухой поверхности почвы, обычно, когда скорость ветра 10 м/с и более, и перемещаясь относительно близко к поверхности земли, поднимают огромное количество тонкодисперсных пылевидных и мелких частиц глины.

Переносимая в атмосфере пыль представляет серьезную угрозу для здоровья людей. Пыль высокой концентрации в атмосфере, поражая легкие, наносит ущерб здоровью, усиливает химические реакции в воздухе, уменьшает прозрачность атмосферы и снижает поток солнечной радиации. Все это вызывает изменение окружающей среды.

Длительность сохранения частиц пыли в атмосфере зависит от их размера. Частицы крупной фракции, аэродинамический диаметр которых более 10 мкм, в результате седиментации удаляются из атмосферы в течение нескольких часов после их выброса. Эти частицы не являются ингалируемыми, поэтому они могут повреждать только внешние органы, вызывая, в основном, раздражение кожи и глаз, конъюнктивит и повышенный риск возникновения глазной инфекции. Частицы

пыли, аэродинамический диаметр которых менее 10 мкм, могут оставаться в воздухе на протяжении нескольких дней или даже недель и могут переноситься на большие расстояния. Эти частицы часто попадают в нос, рот и верхние дыхательные пути, что может вызывать респираторные расстройства, такие как астма, трахеит, пневмония, аллергический ринит и т. д. А более мелкие или тонкие частицы с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм могут проникать в нижние дыхательные пути, где попадая в кровоток, могут воздействовать на все внутренние органы и вызывать сердечно-сосудистые нарушения.

В большинстве случаев невозможно оценить истинные размеры пыльных бурь с поверхности Земли, что объясняется слабым развитием сети метеорологических станций в ряде районов (пустынях, горах, океане). Используя данные локальных методов метеорологических наземных наблюдений в приземном слое трудно воссоздать действительную картину перемещения крупного воздушного потока на большие расстояния, так как крупномасштабный перенос пыли осуществляется, в основном, вне приземного слоя.

Выявление трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере в глобальном масштабе стало возможно только с появлением космических дистанционных методов наблюдений. Современные спутниковые системы, такие как Terra и Aqua, дают обширную информацию о распространении, динамике и очагах загрязнения атмосферы на больших территориях. Динамика перемещения крупных пыльных бурь лучше всего прослеживается с помощью геостационарных спутников, "висящих" неподвижно над определенными экваториальными районами Земли [1–6].

Цель исследования: анализ возможности применения спутниковых данных для мониторинга трансграничного загрязнения атмосферы Кавказско-Каспийского региона пыльными бурями.

1. Методы и материалы

В исследовании был использован статистический метод анализа распространения загрязняющих веществ в воздухе, а также метод дешифрирования фотоизображений, получаемых с искусственных спутников Земли (ИСЗ). При этом были учтены результаты предыдущих работ автора, а также исследования других авторов [1–6]. Используются также данные наблюдений аэрологических и наземных метеорологических станций, а также космические снимки и данные датчика

MODIS с оптической толщиной аэрозоля (АОТ) (уровень 2, версия 4).

Эти данные могут быть использованы для получения информации о температуре и влажности воздуха, облачности, свойствах облаков, свойствах аэрозоля, температуре поверхности земли и моря, естественные и антропогенные пожары и т. д. [7]. С 18 декабря 1999 г. вокруг Земли начал вращаться спутник Terra, имеющий на борту специальный датчик, который разработан для сбора данных о климате, облаках, качестве воздуха и загрязнении. Этот датчик представлял собой спектр радиометр среднего разрешения (MODIS). А позже, 4 мая 2002 г. вокруг Земли начал вращаться спутник Aqua (вторая версия MODIS).

Данные этих спутников доступны каждый день, как для Terra MODIS (с 24.02.2000 г. по настоящее время), так и для Aqua MODIS (с 04.07.2002 г. по настоящее время), и они классифицируются на основе географического положения. Разница между Terra и Aqua в том, что Terra пересекает экватор в 10:30 по местному времени, а Aqua — в 13:30 по местному времени (Chu et al., 2003). Соответственно, MODIS на борту Terra выполняет сбор данных об утренних, а MODIS на борту Aqua — о полуденных условиях, с помощью 36 спектральных диапазонов.

Пространственное разрешение MODIS от 250 м до 1 км, диапазоны 1 и 2 имеют пространственное разрешение 250 м, 3–7–500 м и 8–6 имеют пространственное разрешение 1 км в надире. Данные на уровне гранул (уровень 2) создаются с размером пикселя по горизонтали (в надире) 10×10 км. Эти характеристики являются общими в обеих версиях MODIS Terra и Aqua, но между ними имеются некоторые технические различия [7].

Одним из важных и распространенных параметров аэрозоля, полученных со спутниковых датчиков, является АОТ, которая является функцией массовой концентрации аэрозоля, эффективности массового поглощения, гигроскопического фактора роста (функции относительной влажности) и эффективная высота шкалы, которая в основном определяется вертикальным распределением аэрозолей [8]. Оптическая толщина аэрозоля представляет собой безразмерную меру ослабления света, интегрированного по траектории (по всей вертикальной толщине атмосферы).

Как правило, более высокое значение АОТ указывает на более высокое значение аэрозоля в вертикальной толщине атмосферы и, следовательно, на низкую видимость. Существует хорошая корреляция между АОТ, полученной со спутника,

и массой мелких частиц (PM_{2,5}) в атмосфере (коэффициент линейной корреляции $R = 0,7$) [9]. Это указывает на то, что большинство аэрозолей находятся в хорошо перемешанном нижнем пограничном слое. АОТ обычно колеблется от 0 до примерно 5. При этом значения, превышающие единицу, обычно классифицируются как тяжелая дымка. Синий цвет на снимках означает более чистый воздух и низкий АОТ (0,0...0,4), а увеличение по цветовой шкале до темно-красного указывает на более высокие уровни загрязнителей и на более высокие значения АОТ (0,8 и более).

Обработанные данные, известные как MYD04_L2, специально предназначены для исследований аэрозолей. Эти данные имеют иерархический формат данных (HDF), который представляет собой специальный формат данных, разработанный для научных целей [10]. Этот формат данных может включать текстовые файлы вместе с диаграммами и таблицами. Каждый файл MODIS HDF содержит 187 элементов данных. Для извлечения количественной аэрозольной информации из данных MODIS требуются огромные операции обработки с использованием специальных алгоритмов. НАСА выполнило эту работу для пользователей и разместило результаты в Интернете [11].

2. Практическая часть

Очаги пыльных бурь могут различаться по размерам, морфологии, характеру отложений и местоположению на Земном шаре. Как правило, большие пылевые образования возникают в районах с сухим и жарким климатом. Это могут быть побережья, степные районы, полузамкнутые межгорные понижения и др. Климатические особенности каждого очага пыльных бурь объясняют периодичность их возникновения по временам года. Так, в Западной Сахаре максимумы развития песчаных бурь приходятся на январь и июль, в районе Аральского моря — на апрель—июнь и август—сентябрь. Пыльная буря имеет глобальный характер, поскольку поднятая пыль может перемещаться почти над любым районом планеты [2—7, 12, 13].

Возникновению пыльных бурь способствуют поверхностные отложения, легко выдуваемые ветром — пески и более тонкие по составу лессовидные породы. Механический состав и структура почвы также влияют на возникновение и развитие пыльной бури, чем тяжелее почва, тем больше, естественно, должна быть скорость ветра. Так, на супесчаных почвах для образования очага

песчаной бури достаточно иметь начальную скорость ветра около 3 м/с, а на глинистых — более 10 м/с. Чем крупнее частицы почвы, тем труднее она поддается выдуванию. Выдувание затрудняется также и при наличии в верхнем слое почвы остатков растительности. Обычно в воздухе во взвешенном состоянии могут перемещаться только частицы диаметром до 0,01...0,05 мм, но при сильных бурях размер перемещаемых ветром частиц увеличивается.

Песчаные бури могут длиться от нескольких минут до нескольких суток. При этом пыльное облако может перемещаться в атмосфере на различных высотах в диапазоне до 1,5...5 км. Протяженность таких облаков измеряется обычно сотнями, реже — тысячами километров. При возникновении бурь в песчаных пустынях (особенно в Сахаре, а также в Каракумах, Кызылкумах и т. д.), когда кроме мелких частиц, снижающих видимость, ветер также несет над поверхностью миллионы тонн более крупных частиц песка. Пустыня Сахара и пустыни Аравийского полуострова являются основными источниками пыльной мглы в районе Аравийского моря, меньший вклад вносят Иран, Пакистан и Индия [1, 5, 6].

Следует отметить, что ежедневное проследивание фотоизображений, получаемых с ИСЗ, может позволить предсказать и характеризовать зарождение и развитие пыльной бури во времени. Пылевой поток, простирающийся несколько километров, не всегда представляет собой единое целое. Он часто состоит из нескольких полос (совпадающих с направлением ветра) или удлиненных облаков, что определяется рельефом земной поверхности и структурой почвы.

Нередки случаи, когда пыльные бури, формирующиеся в пустынях Сахара и Аравийского полуострова, Приаралья и Прибалхашья (юг Казахстана), в Западно-Казахстанской области, в Каракалпакстане и Туркменистане, а также в России — Астраханской области, на востоке Волгоградской области и в Калмыкии, воздействуют на воздушное пространство Кавказско-Каспийского региона (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки). Так, по результатам мониторинга, проведенного сотрудниками Национального департамента мониторинга по окружающей среде Министерства экологии и природных ресурсов Азербайджанской Республики, было установлено, что 18 и 19 апреля 2018 г. в полуденные часы уровень запыленности воздуха над городом Баку превышал норму в 1,5—2,5 раза, основной причиной чего является переход в верхние слои атмосферы пыльного

облака из арабских пустынь (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки). Частицы проникли в Азербайджан вместе с юго-западным потоком воздушных масс, через прилегающие к земной поверхности слои. Но 19 апреля 2018 г. благодаря смене слабого южного и юго-восточного ветра на северо-западный, создались благоприятные условия для уменьшения количества накопившихся в атмосфере частиц пыли.

13 апреля 2011 г. имело место распространение пылевого облака от западного побережья Персидского залива до восточного побережья Каспийского моря, что хорошо прослеживалось на космическом снимке (рис. 3 — см. 2-ю стр. обложки). Пылевое загрязнение воздуха над Саудовской Аравией, на юге Ирака и Кувейта (последняя область полностью покрыта шлейфами пыли) имело очень высокие концентрации. В этот день пыльная буря парализовала Кувейт, произошел срыв воздушного движения и экспорта нефти [12, 13]. Твердым материалом для этой песчаной бури послужили выдуваемые ветром пески в Саудовской Аравии. Из снимка на рис. 3 видно, что непрозрачный шлейф пыли охватывает юго-западную оконечность Ирана, и отдельные тонкие полосы пыли распространяются на северо-восток через Иран и Каспийское море. Северо-восточная окраина песчаной бури охватывает прибрежную полосу Туркменистана.

На космическом снимке за 20 июня 2021 г. видно, что пыльная буря охватила Аравийский полуостров и распространяется на восток в сторону Ирана и Кавказско-Каспийского региона (рис. 4 — см. 3-ю стр. обложки). Космический снимок пыльной бури дает общее представление о густоте шлейфа пыли в районе скопления твердого материала, об уровне запыленности воздуха у земной поверхности. Эти частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе, прежде чем достигнуть поверхности Земли, могут поглощать или отражать солнечные лучи. Поэтому, измеряя их влияние на солнечный свет, можно выявить уровень загрязнения воздушного пространства пылью. Особо большие скопления вредных аэрозольных примесей в приземном слое воздуха происходят при инверсиях. Если устойчивый слой будет расположен непосредственно над очагом пыльной бури, то это приведет к сосредоточению вредных выбросов под инверсионным слоем за счет задержки переноса примеси вверх [3—6].

Из фотоизображения за 14 октября 2009 г. (рис. 5 — см. 3-ю стр. обложки) над Черным морем и Кавказско-Каспийским регионом отмечается

распространение пыли. С юга на север пыль распространяется в нескольких сотнях километров от южного Каспия, вблизи Ирана, в Россию. Происхождение ее с большой вероятностью связано с пыльной бурей, формирующейся в пустынях Аравийского полуострова, которая началась накануне, а пыль задержалась. Низкий пыльный слой воздуха заполняет долины гор, которые выходят на Черное море, Анадолу Даглары, оставляя темно-зеленые пики ясными. Пыль служит для выделения долин в Турции. Другим признаком того, что пыль относительно низкая в атмосфере, — это блестящие белые облака в центре и в правой части изображения. Облака белые, не окрашенные пылью над ними, и они бросают тень на пыльный слой воздуха под ними.

На космическом снимке за 07.09.2020 г. (рис. 6 — см. 4-ю стр. обложки) также наблюдаются струи пыли, имеющие вид полосы, совпадающий с направлением ветра. Пыль распространяется с восточной части Каспия (из Туркменистана, в основном с полуострова Челекен) в направлении Апшеронского полуострова. На этом снимке в основном имеют место три желто-коричневых облака пыли. Два самых крупных начинаются из глубины суши и расширяются, пересекая водную поверхность Каспийского моря. Самое маленькое, находящееся на севере, кажется поднимается из песчаной местности ближе к берегу. Привлекая данные дополнительных наземных измерений, можно оценить объем и распределение по размерам переносимых твердых частиц.

По сообщению Национальной службы гидрометеорологии Азербайджана в утренние часы 12.08.2021 г. в Баку и на Апшеронском полуострове имел место пылевой туман, проникший в страну с воздушными массами с юго-восточного направления (рис. 7 — см. 4-ю стр. обложки). Согласно данным, полученным со спутниковых снимков, наблюдаемый в воздухе пылевой туман носил трансграничный характер (рис. 8 — см. 4-ю стр. обложки). В это время уровень запыленности воздуха превышал норму в 3,9 раза.

Заключение

Изучение пыльных бурь имеет большое значение для хозяйственной деятельности. При этом важно знать, насколько далеко может распространяться атмосферная пыль, каковы истинные размеры пылевых выносов, область осаждения и накопления осадочного материала. С экологической точки зрения изучение этих бурь позволит

оценить степень загрязнения атмосферы пылью. Большое значение для многих отраслей народного хозяйства имеет своевременный краткосрочный и долгосрочный прогноз пыльных бурь. Использование спутниковых данных, таких как данные датчика MODIS, имеет огромный потенциал для мониторинга качества воздуха у земной поверхности

Список литературы

1. **Космические исследования** для градостроительства. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1981. 176 с.
2. **Агаев Т. Д.** Трансграничный перенос загрязняющих веществ в атмосфере при лесных пожарах // *Безопасность жизнедеятельности*. 2010. № 6. С. 53–54.
3. **Агаев Т. Д.** Возможности спутниковой информации в изучении физических процессов, происходящих в атмосфере, и загрязнения воздушного бассейна. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 79 с.
4. **Агаев Т. Д., Гаджи-заде М. Ф., Ibrahimova N. Z.** Роль метеорологических условий в переносе и рассеивании примесей в атмосфере // *Вестник МАНЭБ*. 2018. Т. 23, № 1. С. 6–10.

5. **Агаев Т. Д., Горчиев А. А.** Негативные факторы в использовании биоклиматических ресурсов Апшерона // *Известия АН СССР. Сер. географ.* 1989. № 1. С. 87–91.
6. **Григорьев А. А., Липатов Б. Б.** Пыльные бури по данным космических исследований. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 30 с.
7. **NASA** (2006). /<http://terra.nasa.gov/FactSheets/Aerosols> (дата обращения 25.10.2021).
8. **Kaufman Y. J., Fraser R. S.** Light extinction by aerosols during summer air pollution // *J. Appl. Meteorol.* 1983. No. 22. P. 1694–1706.
9. **Jun Wang, Sundar A. Christopher.** Intercomparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM2.5 mass: Implications for air quality studies // *Geophysical research letters*. 2003. Vol. 30. No. 21. P. 2095.
10. **Folk M., Pourmal E.** HDF software process lessons learned or success factors. NCSA HDF Group, December 20, 2004.
11. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/MODIS> (дата обращения 25.10.2021).
12. **United Press International.** Dust storm halts Kuwait oil traffic. UPI. com. Accessed April 13, 2011.
13. **Mohammed M.** Sandstorm blankets Iraq, sends hundreds to hospital. Reuters Website. Accessed July 6, 2009.
14. <https://modis-images> (дата обращения 25.10.2021).
15. **Информация** о погодных условиях. URL: www.weatherforecast.com (дата обращения 07.09.2020).
16. <https://media.az/society/1067827136/v-baku-i-na-absherone-nablyudaetsya-pylevoy-tuman/> (дата обращения 12.08.2021).

T. D. Agayev, Professor, e-mail: aqayev_tahir@mail.ru, Sumgayit State University, Azerbaijan

Studies of Transboundary Atmospheric Pollution of the Caucasus-Caspian Region by Dust Storms based on Satellite Data

An attempt is made to study transboundary air pollution of the Caucasus-Caspian region by dust storms based on satellite data. The method of statistical analysis, interpretation of photographic images obtained from the satellite, as well as MODIS AOT data (level 2, version 4) were used. The study of dust storms is of great importance for economic activity. At the same time, it is important to know how far the atmospheric dust can spread, what are the true sizes of dust outflows, the area of deposition and accumulation of sedimentary material. From an environmental point of view, the results obtained will make it possible to assess the degree of dust pollution of the atmosphere over large areas.

Keywords: transboundary transport, dust storms, atmospheric air pollution, space photographic images, optical depth of the atmosphere

References

1. **Kosmicheskie issledovaniya** dlya gradostroitelstva. Leningrad: Stroyizdat, Leningradskoe otdelenie. 1981. 176 p.
2. **Agayev T. D.** Transgranichny perenos zagryaznyayushix veshstv v atmosfere pri lesnix pojarax. *Bezopasnost' jiznedejatel'nosti*. 2010. No. 6. P. 53–54.
3. **Agayev T. D.** Vozmozhnosti sputnikovoy informatsii v izuchenie fizicheskix prosesov, proisxozhishix v atmosfere i zagryaznenie vozdušnogo basseyna. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 79 p.
4. **Agayev T. D., Qadji-zade M. F., Ibrahimova N. Z.** Rol meteorologicheskix usloviy v perenose i rasseivanie primesej v atmosfere. *Vestnik MANEB*. 2018. Vol. 23. No. 1. P. 6–11.
5. **Agayev T. D., Gorchiev A. A.** Negativnye factory v ispol'zovanii bioklimaticheskix resursov Apsherona. *Izvestiya AN SSSR. Seriya Geograficheskaja*. 1989. No. 1. P. 87–91.
6. **Grigor'ev A. A., Lipatov B. B.** Pyl'nye buri po dannym kosmicheskix issledovaniy. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1974. 30 p.
7. **NASA** (2006). /<http://terra.nasa.gov/FactSheets/Aerosols> (date of access 25.10.2021).

8. **Kaufman Y. J., Fraser R. S.** Light extinction by aerosols during summer air pollution. *J. Appl. Meteorol.* 1983. No. 22. P. 1694–1706.
9. **Jun Wang, Sundar A. Christopher.** Intercomparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM2.5 mass: Implications for air quality studies. *Geophysical research letters*. 2003. Vol. 30. No. 21. P. 2095.
10. **Folk M., Pourmal E.** HDF software process lessons learned or success factors. NCSA HDF Group, December 20, 2004.
11. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/MODIS> (date of access 25.10.2021).
12. **United Press International.** Dust storm halts Kuwait oil traffic. UPI. com. Accessed April 13, 2011.
13. **Mohammed M.** Sandstorm blankets Iraq, sends hundreds to hospital. Reuters Website. Accessed July 6, 2009.
14. <https://modis-images> (date of access 25.10.2021).
15. **Informaciya** o pogodnih usloviyah. URL: www.weather-forecast.com (date of access 07.09.2020).
16. <https://media.az/society/1067827136/v-baku-i-na-absherone-nablyudaetsya-pylevoy-tuman/> (date of access 12.08.2021).



С. Н. Гладких, канд. техн. наук, доц., e-mail: gl_svetlana53@mail.ru,
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,
Великий Новгород

Очистка стоков промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов

Предложена сорбционная технология очистки производственных стоков, которые содержат ионы тяжелых металлов (ИТМ), природным глинистым минералом каолинитом с активирующими добавками. Рассмотрено влияние тяжелых металлов на организм человека и окружающую среду. Представлены результаты исследований очистки сточных вод от ИТМ с применением фильтрации через активированный адсорбент. Определен оптимальный состав активаторов, которые позволяют повысить эксплуатационные свойства сорбента и длительность его использования. При применении предлагаемого метода очистки стоков исключаются их предварительная реагентная обработка и деление на потоки. Результаты теоретических и экспериментальных исследований свидетельствуют об эффективном извлечении ИТМ адсорбентом из стока. Высокое качество очищенной воды активированным адсорбентом дает возможность использовать ее в замкнутых системах водопользования промышленных предприятий.

Ключевые слова: ионы тяжелых металлов, активированный адсорбент, фильтрование, сорбция

Введение

Поступление тяжелых металлов (ТМ) в окружающую среду связано с активной деятельностью человека. Их основные источники — промышленность, автотранспорт, котельные, мусорсжигающие установки и сельскохозяйственное производство. Ионы металлов являются неизменными компонентами природных водоемов. Источниками загрязнения вод ТМ служат сточные воды гальванических цехов и участков, недостаточно очищенные канализационные воды, стоки промышленных предприятий и поверхностный сток с территории города. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий [1–3].

Загрязнение объектов биосферы солями ТМ, учитывая их высокую токсичность, способность накапливаться в организме человека, оказывать вредное воздействие даже в сравнительно низких концентрациях, может иметь серьезные последствия как для окружающей среды, так и для здоровья человека, вызывая развитие так называемых экологически обусловленных заболеваний.

Токсические вещества приводят к необратимым изменениям внутренних органов. В результате развиваются неизлечимые болезни: нарушения желудочно-кишечного тракта, печени, почечные и печеночные колики, параличи.

Нередки смертельные случаи [2]. Главной опасностью тяжелых металлов является способность накапливаться в организме и не выводиться. Тяжелые металлы вызывают задержку физического и умственного развития у детей. Подобное происходит при продолжительном приеме воды, загрязненной данными веществами [4].

Доказано эмбриотоксическое действие ТМ, а также их мутагенное, канцерогенное, аллергическое воздействие [2]. Опасность для человека заключается еще и в том, что ТМ способны накапливаться в пищевых цепочках, что усиливает их опасность для человека. Поэтому проблема удаления тяжелых металлов из сточных вод весьма актуальна [4].

Особую опасность несут ионы металлов, поступающие в природные водоемы от промышленных предприятий. Попадая в водоемы, стоки с недостаточной степенью очистки становятся экологически опасны как для обитателей водоемов, так и для водоснабжения людей [5]. Поэтому качественная очистка стоков является необходимой для водоотведения любого промышленного предприятия.

Чтобы свести к минимуму степень загрязнения окружающей среды по всему миру постоянно строятся и модернизируются водоочистительные комплексы. Требования к степени очистки постоянно ужесточаются, особенно для промышленных предприятий. Это связано с сильнейшим

загрязнением вод мирового океана за последнее столетие. Разрастание городов, увеличение числа промышленных предприятий приводят к острой нехватке новых более эффективных водоочистительных комплексов [6].

Методы очистки сточных вод должны быть простыми, надежными, с высоким качеством очистки, способные полностью исключить возможность загрязнения водоемов токсичными отходами производства [5]. Прежде всего, это касается разработки новых способов и технологий, которые исключают сброс стоков в водоемы и городскую канализацию.

Существующие технологии и способы очистки, в большинстве своем, не обеспечивают высокого качества очистки, которое требуется для замкнутых систем водопользования. Такую возможность дают сорбционные методы очистки с использованием адсорбента, изготовленного на основе глинистого минерала каолинита [5]. Дешевые природные сорбенты, способные обеспечить высокую степень очистки, делают актуальной проблему разработки новых способов очистки стоков, содержащих ионы тяжелых металлов (ИТМ) для замкнутых систем водопользования предприятий.

Основная масса предлагаемых адсорбентов [7–15] практически не регенерируется, и вместе с сорбированными загрязнениями их утилизируют. В патенте [16] предложен адсорбент для длительного использования, сорбционную активность которого можно восстанавливать регенерацией в установке для фильтрации. Адсорбент создан из глинистого минерала. Он отличается высокой сорбционной активностью и высокой емкостью поглощения ИТМ.

Цель исследования: разработка технологии сорбционной очистки стоков от ионов тяжелых металлов активированным адсорбентом с целью повторного использования воды на технологические нужды в замкнутых системах водопользования.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся природный глинистый минерал каолинит. Изготавливается он с различными активирующими добавками [16]. Каолинит смешивают с активатором, полученная суспензия гранулируется, обжигается. Структура кристаллической решетки глинистого минерала позволяет вводить в него активирующие добавки. В рассматриваемом случае это соединения кальция и магния [17].

Для достижения высокоэффективной очистки стоков экспериментально был подобран оптимальный состав адсорбента. Для извлечения ИТМ наиболее эффективной оказалась активация с добавкой доломита и магнетита в количестве 15 % от массы глины (трехкомпонентный адсорбент). Как показали исследования, активация адсорбента доломитом и магнетитом позволяет исключить операцию по восстановлению Cr^{6+} в Cr^{3+} в отличие от адсорбента с одной из указанных добавок.

Полученный адсорбент обладает высокими сорбционными свойствами, высокой механической прочностью. Его истираемость не превышает 15 % [5], что позволяет использовать его длительное время. Активация адсорбента осуществляется в фильтре циркуляцией 3 %-ного раствора кальцинированной соды в течение 30...35 мин [17]. Исследования сорбционной активности адсорбента проводились на модельных растворах и реальных производственных стоках.

При проведении экспериментов использовались статические, термодинамические и кинетические методы исследования сорбционных процессов, а также физико-химические методы: жесткость и окисляемость определяли титриметрическим методом; мутность — фотоколориметрическим методом; pH — потенциометрическим. Измерение концентрации ионов тяжелых металлов проводили электрохимическим способом (анализ вольтамперных характеристик).

Результаты и обсуждение

Многочисленными исследованиями установлено, что активированный адсорбент (АА) обладает свойством создания слабощелочной среды с положительным электрокинетическим потенциалом [18].

После реакции с группой OH^- ИТМ образуют гидроксиды, которые впоследствии формируют мицеллы с отрицательным зарядом. Вследствие этого они притягиваются к гранулам алюмосиликатного адсорбента, поскольку последние обладают положительным потенциалом. Образующийся комплекс формирует внутри фильтрующей среды гелеобразную структуру [17].

Основываясь на теоретических и экспериментальных исследованиях можно утверждать, что извлечение ИТМ из стоков происходит за счет внутренней диффузии обменных ионов щелочных металлов и внешней диффузии к поверхности зерен, что подтверждается исследованиями авторов работы [18].



Исследование динамики очистки стоков фильтрованием через активированный адсорбент

Исследования динамики очистки проводились на коротком слое активированного адсорбента в лабораторных и опытно-производственных условиях.

Лабораторная установка для фильтрации: бутылка Мариотта емкостью 10 л; фильтровальная колонка диаметром 28 мм, длиной 500 мм; толщина слоя загрузки адсорбента 300 мм, крупность зерен 0,5...1,0 мм. Провели две серии испытаний: 1) фильтровались стоки, содержащие один компонент загрязнений; 2) фильтровался смешанный сток. Скорость фильтрования составляла 3...5 м/ч. Эффективность и динамика процесса очистки стока определялись для трехкомпонентного АА.

Исследования проводились по методике, предложенной в работе [19]. Исследовались модельные растворы и реальные сточные воды. Проводилось по три серии экспериментов. Для исключения погрешности измерений брались средние значения. Фильтрат отбирался каждые 30 мин. Результаты фильтрования исследуемых стоков представлены в табл. 1, 2.

Очистка хромсодержащего стока (см. табл. 2) происходит без предварительного восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} , так как трехкомпонентный АА позволяет исключить эту операцию. Из приведенных данных (см. табл. 1 и 2) следует, что АА эффективно извлекает ИТМ из стока. О достаточно высокой емкости поглощения загрязнения адсорбентом свидетельствует небольшая скорость продвижения фронта их концентраций.

Технологические испытания проводилась на опытно-промышленной установке, изготовленной

на очистных сооружениях участка гальванопокрытий завода Центрального научно-исследовательского института имени академика А. Н. Крылова (г. Санкт Петербург).

Установка состояла из бака со сточной водой емкостью 4000 л, из которого через водоотборный кран сток поступал на фильтр из оргстекла с загрузкой из АА. Диаметр фильтра 100 мм, высота — 3000 мм. Высота фильтрующей загрузки 150 см, размер гранул 0,8...1 мм, скорость фильтрования 3 м/ч. В ходе испытаний определялась концентрация ионов тяжелых металлов рН.

Сток, взятый из резервуара-усреднителя, куда он поступает с гальванического участка и содержит ИТМ и кислотно-щелочные воды, фильтровался. Предварительной реагентной обработке стоки не подвергались. Состав стоков, мг/л: $\text{Cr}^{3+} = 10,1$, $\text{Ni}^{2+} = 8,3$, $\text{Zn}^{2+} = 11,6$, $\text{Cu}^{2+} = 8,3$ мг/л, $\text{Fe}^{3+} = 13,2$ мг/л, рН = 5,5. Спустя 70 ч фильтрования ИТМ обнаружены не были, рН = 7,5. Еще через 70 ч фильтрования их концентрация в фильтрате была значительно ниже норм ПДК для сброса в городскую канализацию. Качество очищенной воды позволяет использовать ее на технологические нужды в замкнутых системах водопользования предприятия.

Предлагаемая технология очистки позволяет очищать хромсодержащие и кислотно-щелочные стоки совместно. Результаты испытаний по очистке стоков от ИТМ, проведенные на опытно-промышленной установке, показали высокую степень очистки на протяжении длительного времени, что говорит о ее надежности и высоком качестве.

Таблица 1

Результаты испытаний по удалению Ni^{2+} из стоков

Время, мин	Концентрация Ni ²⁺ в модельном растворе, мг/л								
	8,7			17,3			29,7		
	Скорость фильтрования, м/ч								
	3	4	5	3	4	5	3	4	5
	Проскоковая концентрация иона никеля в фильтрате, мг/л								
	Номер опыта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10
60	0,10	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,12	0,14
90	0,16	0,16	0,18	0,19	0,21	0,24	0,21	0,20	0,22
120	0,18	0,21	0,24	0,22	0,25	0,28	0,21	0,25	0,25
150	0,29	0,33	0,34	0,34	0,40	0,43	0,34	0,38	0,37
180	0,45	0,49	0,51	0,41	0,48	0,52	0,55	0,49	0,49
210	0,56	0,58	0,63	0,61	0,59	0,62	0,66	0,66	0,67
240	0,68	0,63	0,72	0,71	0,69	0,68	0,69	0,72	0,72

Результаты испытаний по удалению Cr^{6+} из стоков

Время, мин	Концентрация Cr^{6+} в модельном растворе, мг/л								
	8,7			17,3			29,7		
	Скорость фильтрования, м/ч								
	3	4	5	3	4	5	3	4	5
	Проскоковая концентрация иона хрома в фильтрате, мг/л								
	Номер опыта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,05	0,02	0,04
60	0,00	0,00	0,06	0,07	0,09	0,06	0,09	0,05	0,10
90	0,05	0,05	0,10	0,11	0,14	0,12	0,13	0,12	0,17
120	0,08	0,09	0,15	0,16	0,20	0,19	0,20	0,19	0,22
150	0,12	0,12	0,21	0,22	0,23	0,22	0,24	0,25	0,26
180	0,17	0,17	0,26	0,26	0,28	0,27	0,29	0,30	0,31
210	0,21	0,22	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36	0,36	0,37
240	0,25	0,26	0,36	0,34	0,36	0,38	0,41	0,42	0,43

Заключение

Разработанная безреагентная технология очистки стоков от ионов тяжелых металлов путем фильтрации через активированный адсорбент с целью повторного использования воды на технологические нужды в замкнутых системах водопользования показала, что наилучшей сорбционной способностью обладает адсорбент, активированный добавкой доломита и магнетита в количестве 15 % от массы глины.

Результаты производственных испытаний показали высокую степень очистки стоков. Достоинство предлагаемой технологии состоит в том, что хром-содержащие и кислотно-щелочные стоки можно очищать совместно. Дешевизна и доступность природного глинистого адсорбента позволяют предложить его в качестве промышленного сорбента.

Создание на промышленных предприятиях замкнутого цикла водопользования без выпуска стоков в водоемы является наиболее рациональным решением экологической проблемы.

Список литературы

1. **Медведев И. Ф., Деревягин С. С.** Тяжелые металлы в экосистемах. Саратов: Ракурс, 2017. 178 с.
2. **Теплая Г. А.** Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды. Обзор литературы. Часть 1—3 // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1 (23). С. 182—192.
3. **Вахнюк И. В., Кириченко К. Ю., Голохваст К. С., Шабалина Е. Г.** Обзор исследований воздействия факторов гальванического производства на человека и окружающую

среду // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 1. С. 9—22.

4. **Тяжелые металлы** в воде. URL: <http://www.nortest.pro> (дата обращения 29.10.2021).
5. **Гладких С. Н., Гладких Ю. Н.** Исследования по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбционным методом // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печерские чтения: сб. тр. Межд. конф. (Пермь, 14—15 ноября 2019 г.). Пермь, 2020. С. 68—71.
6. **Методы** очистки бытовых и промышленных сточных вод. Водоочистительные комплексы. URL: <https://www.water.ru> (дата обращения 28.10.2021).
7. **Мосин О. В.** Природный фильтрующий материал шунгит // Вода и экология: проблемы и решения. 2011. № 2. С. 60—68.
8. **Фокина А. И., Олькова А. С., Будина Д. В.** и др. Изучение потенциала торфа как сорбента ионов Cu(II) и Pb(II) из водных растворов // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 3. С. 67—81.
9. **Обуздина М. В., Руш Е. А., Шалуниц Л. В.** Решение экологических проблем очистки сточных вод путем создания сорбента на основе цеолита // Экология и промышленность России. 2017. № 8. С. 20—25.
10. **Никифоров А. Ф., Кутергин А. С., Низамов А. Ф.** и др. Сорбция тяжелых цветных металлов из водных растворов зернистыми фильтрующими материалами на основе кремнистых пород // Водное хозяйство России. 2018. № 2. С. 92—109.
11. **Vukčević M., Pejić B., Kalijadis A.** et al. Carbon materials from waste short hemp fibers as a sorbent for heavy metal ions — Mathematical modeling of sorbent structure and ions transport // Chemical Engineering Journal. 2014. Vol. 235. No. 1. P. 284—292.
12. **Cho Y., Kim P., Park H.** et al. Removal of inorganic pollutants in rainwater by a peat-derived porous material // Journal of Porous Materials. 2014. Vol. 21. P. 365—377.
13. **Cheraghian G.** Evaluation of clay and fumed silica nanoparticles on adsorption of surfactant polymer during enhanced oil recovery // Journal of the adsorption of surfactant polymer during enhanced oil recovery // Journal of the Japan Petroleum Institute. 2017. Vol. 60. No. 2. P. 85—94.
14. **Annap Krishnan K., Sreejalekshmi K. G., Vimexen V., Dev Vinu V.** Evaluation of the adsorption properties of sulfurized



activated carbon for efficient and cost-effective removal of Zn(II) from aqueous solutions // *Ecotoxicology and environmental safety*. 2016. Vol. 124. P. 418–425.

15. Nowak B., Aschenbrenner P., Winter F. Heavy metal removal from sewage sludge ash and municipal solid waste fly ash // *Fuel Processing Technology*. 2013. Vol. 105. No. 1. P. 195–217.
16. Петров Е. Г., Дикаревский В. С., Фадеев А. Ф., Виноградов Н. И., Левитин С. М. Патент России № 1152650. 1990. Бюл. № 30.

17. Петров Е. Г., Кричевский Д. С. Сорбционная технология очистки промышленных и поверхностно-ливневых стоков // *Водоснабжение и санитарное оборудование*. 2005. № 6. С. 34–37.

18. Петров Е. Г., Заикин А. Е. Глубокая очистка хромсодержащих стоков алюмосиликатным адсорбентом // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2006. № 10. С. 33–36.

19. Веницианов Е. В., Рубинштейн Р. Н. Динамика сорбции из жидких сред. М.: Наука, 1983. 240 с.

S. N. Gladkih, Associate Professor, e-mail: gl_svetlana53@mail.ru, Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod

Industrial Wastewater Treatment from Heavy Metal Ions

The sorption technology of purification of industrial effluents containing heavy metal ions (ITM) with the natural clay mineral kaolinite with activating additives is proposed. The influence of heavy metals on the human body and the environment is considered. The results of studies of wastewater treatment from ITM using filtration through an activated adsorbent are presented. The optimal composition of activators that allow to increase the operational properties of the sorbent and the duration of its use is determined. When using the proposed method of wastewater treatment, their preliminary reagent treatment and division into streams are excluded. The obtained research results indicate the effective extraction of ITM by the adsorbent from the runoff. The high quality of purified water with activated adsorbent makes it possible to use it in closed water use systems of industrial enterprises.

Keywords: heavy metal ions, activated adsorbent, filtration, sorption

References

1. Medvedev I. F., Derevyagin S. S. Heavy metals in ecosystems. Saratov: Rakurs, 2017. 178 p.
2. Teplaya G. A. Heavy metals as a factor of environmental pollution. Literature review. Part 1–3. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*. 2013. No. 1 (23). P. 182–192.
3. Vakhnyuk I. V., Kirichenko K. Yu., Golokhvast K. S., Shabalina E. G. Review of studies of the impact of factors of electroplating production on Review of studies of the impact of factors of electroplating production on humans and the environment. *Galvanotekhnika i Obrabotka Poverkhnosti*. 2021. Vol. 29. No. 1. P. 9–22.
4. Heavy metals in water. URL: <http://www.nortec.pro> (date of access 29.10.2021).
5. Gladkih S. N., Gladkih Yu. N. Studies on wastewater treatment from heavy metal ions by sorption method. *Geoekologiya, inzhenernaya geodinamika, geologicheskaya bezopasnost'*. Pecherskie chteniya: Tez. dokl. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Perm'. 2020. P. 68–71.
6. Methods of domestic and industrial wastewater treatment. Water treatment complexes. URL: <https://www.water.ru> (date of access 28.10.2021).
7. Mosin O. V. Natural filter material shungite. *Water and ecology: problems and solutions*. 2011. No. 2. P. 60–68.
8. Fokina A. I., Olkova A. S., Budina D. V. et al. Studying the potential of peat as a sorbent of Cu(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*. 2017. No. 3. P. 67–81.
9. Obuzdina M. V., Rush E. A., Shalunts L. V. Solving environmental problems of wastewater treatment by creating a zeolite-based sorbent. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2017. No. 8. P. 20–25.
10. Nikiforov A. F., Kutergin A. S., Nizamov A. F. et al. Sorption of heavy non-ferrous metals from aqueous solutions by

granular filter materials based on siliceous rocks. *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2018. No. 2. P. 92–109.

11. Vukčević M., Pejić B., Kalijadis A. et al. Carbon materials from waste short hemp fibers as a sorbent for heavy metal ions — Mathematical modeling of sorbent structure and ions transport. *Chemical Engineering Journal*. 2014. Vol. 235. No. 1. P. 284–292.

12. Cho Y., Kim P., Park H. et al. Removal of inorganic pollutants in rainwater by a peat-derived porous material. *Journal of Porous Materials*. 2014. Vol. 21. P. 365–377.

13. Cheraghian G. Evaluation of clay and fumed silica nanoparticles on adsorption of surfactant polymer during enhanced oil recovery. *Journal of the Japan Petroleum Institute*. 2017. Vol. 60. No. 2. P. 85–94.

14. Annap Krishnan K., Sreejalekshmi K. G., Vimexen V., Dev Vinu V. Evaluation of the adsorption properties of sulfurized activated carbon for efficient and cost-effective removal of Zn (II) from aqueous solutions. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2016. Vol. 124. P. 418–425.

15. Nowak B., Aschenbrenner P., Winter F. Heavy metal removal from sewage sludge ash and municipal solid waste fly ash. *Fuel Processing Technology*. 2013. Vol. 105. No. 1. P. 195–217.

16. Petrov E. G., Dikarevsky V. S., Fadeev A. F., Vinogradov N. I., Levitin S. M. Patent of Russia No. 1152650. 1990. Byul. No. 30.

17. Petrov E. G., Kirichevsky D. Sorption technology of treatment of industrial and surface-storm drains. *J. Water supply and sanitary equipment*. 2005. No. 6. P. 34–37.

18. Petrov E. G., Zaikin A. E. Deep cleaning of chromium-containing runoff with an aluminosilicate adsorbent. *J. Water supply and sanitary engineering*. 2006. No. 10. P. 33–36.

19. Venitsianov E. V., Rubinstein R. N. Dynamics of sorption from liquid media. Moscow: Nauka, 1983. 240 p.

УДК 504.73; 631.618

В. Г. Двуреченский, канд. биол. наук, доц., e-mail: dvu-vadim@mail.ru,
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, доц.,
Новосибирский государственный педагогический университет,
Ф. Е. Козыбаева, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр., e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru,
Г. Б. Бейсеева, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр., e-mail: beiseeva2009@mail.ru,
Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
им. У. У. Успанова, Алматы, Казахстан

Влияние предприятий цветной металлургии на содержание тяжелых металлов в почвах Алтая

Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды — важнейшей задачи всего мирового сообщества. Вопросы защиты природы касаются абсолютно всех живых существ планеты. Проблемы, связанные с загрязнением экосистем, актуальны не только для стран, изобилующих природными ресурсами, где налажен полный технологический цикл и высоко развито индустриальное производство, но и для стран, в которых происходит добыча и первичная переработка полезных ископаемых. В результате добычи и переработки любых природных ресурсов, особенно цветных и черных руд, происходит коренное изменение естественных ландшафтов, вплоть до полного уничтожения, прерываются экологические цепочки. При этом на месте естественных экосистем возникают ландшафты с деградированным почвенным покровом. Отмечено, что в почвах таких ландшафтов содержание тяжелых металлов превышает фоновые значения в сотни и тысячи раз. Отражены особенности содержания тяжелых металлов в почвах, подвергшихся воздействию предприятий цветной металлургии на Алтае.

Ключевые слова: деградация естественных экосистем, тяжелые металлы, почвенный покров, экологическая катастрофа

Введение

Проблеме техногенного загрязнения естественных ландшафтов тяжелыми металлами незаслуженно уделяется мало внимания. Это может быть обусловлено недооценкой сложившейся ситуации в промышленных городах и прилегающих к ним территорий: как в связи со слабой материальной базой, так и убежденностью местных чиновников в том, что имеющихся данных вполне достаточно, чтобы успешно решать экологические и социальные вопросы. На самом деле происходит сначала загрязнение поллютантами, а затем истощение природных ресурсов: почв, подземных вод, флоры, фауны и т. д., и, в конце концов, утраты пригодной для качественной жизни экосистемы. При этом становится невозможным решить социальные, экологические и другие проблемы без огромных затрат на восстановление нарушенных территорий.

Большие горы отвалов, гигантские площади хвостов вокруг предприятий цветной металлургии в Риддере, Усть-Каменогорске и Зырянске — свидетельство нерационального подхода

к использованию недр земли. Подобная практика крайне губительна для окружающей среды, ведет к бесцельной трате полезных ископаемых, трансформации естественных ландшафтов из-за строительства отвалов и хранилищ отработанных пород и загрязнению водного и воздушного пространства.

Основными загрязнителями среди химических элементов считаются мышьяк (As), кадмий (Cd), медь (Cu), ртуть (Hg), свинец (Pb) и цинк (Zn), так как их накопление в окружающей среде происходит высокими темпами и они являются наиболее частыми компонентами антропогенных элементохимических ассоциаций [1, 2].

В ходе работы часто приходилось сталкиваться с недостатком информации, с противоречивостью данных о содержании тяжелых металлов в почвах. Тем не менее исследования, связанные с загрязнением тяжелыми металлами окружающей среды, были успешно проведены. Необходимо продолжать мониторинг территории для того, чтобы качественно решать экологические и другие проблемы, связанные с деятельностью человека.

Исследование проводилось учеными Республики Казахстан и Российской Федерации в рамках Международного проекта "Влияние горно-металлургических предприятий на окружающую среду, почвенно-мелиоративные и биологические методы реабилитации загрязненных ландшафтов".

Методологическую основу выполнения работ составляли почвенно-экологический, химико-аналитический и физико-аналитический подходы к определению состояния деградированных почв с целью выявления возможности их реабилитации для дальнейшего использования в народном хозяйстве [3]. При этом ставились перечисленные ниже задачи.

1. Оценить экологическое состояние и почвенно-экологический статус экосистемы.

2. Определить содержание химических элементов-загрязнителей в почвах и их распределение в почвенном профиле.

3. Выявить процессы взаимодействия почвы с поступающими в нее тяжелыми металлами.

4. Провести картирование загрязненного почвенного покрова и оценить его элементоспецифичность.

5. Предложить эффективные приемы детоксикации, рекультивации загрязненных почв.

Объекты и методы исследования

Медные руды распространены на большей части Республики Казахстан, начиная с гор Алтая до западных границ Республики. Из медьсодержащих руд извлекаются свинец, цинк, молибден, сера и другие элементы. Свинцово-цинковые руды распространены в Рудном Алтае, Сарыарке, Каратау и Джунгарском Алатау. Они питают гигантов горно-обогатительной и металлургической промышленности, расположенных в Риддере, Зыряновске, Усть-Каменогорске и др. Большие запасы полиметаллических руд на Рудном Алтае сосредоточены в районах Зыряновска, Верхней Уба-Шамонахи, Змеиногорска и др. В состав полиметаллических руд обычно входят свинец и цинк, или медь и цинк, или свинец и медь, или только цинк.

Объектом исследования послужил почвенный покров ландшафта, имеющий в своем составе черноземы выщелоченные горные [4], деградирующие в пределах санитарно-защитной зоны свинцово-цинкового завода. Предприятие находится в черте города Риддер Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан. Площадь исследуемого участка — 14 га. Участок имеет уклон к малой

реке Филипповке, которая протекает по территории завода и города. В связи с уклоном участка в ходе исследования было выделено три зоны (верхняя, средняя и нижняя). При первичном визуальном осмотре территории были отмечены эрозионные почвенные процессы в виде промоин и стоков в направлении реки и практически отсутствующий растительный покров. Источником техногенного загрязнения тяжелыми металлами являются атмосферные выбросы и жидкие стоки производства.

При закладке четырех разрезов в различных зонах участка был отмечен характерный металлический блеск верхней части гумусового горизонта A_1 . В связи с этим выдвинулось предположение о том, что накопление химических элементов происходит главным образом в верхней части профиля, и, следовательно, основное внимание необходимо уделить изучению поверхностных горизонтов почвы.

В качестве контроля были взяты пробы черноземов выщелоченных горных [4], формирующихся в естественных ландшафтах, расположенных в 30 км к северу от территории исследования, в районе села Бутаково, не в зоне влияния дующих от предприятия ветров и текущих загрязненных рек.

Для проведения количественного элементного анализа тяжелых металлов в почве использовался атомно-абсорбционный спектрометр "Квант-2А".

Результаты и обсуждение

Ядовитые вещества становятся частью природы и включаются в биологический и геохимический круговорот веществ. Последствия подобной миграции нетрудно предугадать, проследив пищевую цепь: тяжелые металлы — почва — растение — животное — человек. То есть загрязненная природная среда оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье и воспроизводство населения не только прямо — через влияние на организм людей, но и косвенно — через продукты питания. Например, в мясе и молоке скота, откормленного сеном, заготовленным на угодьях неподалеку от заводов цветной металлургии, находят свинец и кадмий, что не удивительно из-за большого содержания этих элементов в почве (табл. 1).

Валовое определение тяжелых металлов в фоновых почвах представляет как научный, так и практический интерес. Как правило, такие данные используются для мониторинга загрязненных ландшафтов, находящихся в одном районе

с незагрязненными, или не попавшими под влияние загрязняющих факторов. Природное валовое содержание элементов берется в качестве эталона, с превышением которого начинается загрязнение. Это дает возможность оценить степень загрязнения и распространения тяжелых металлов, а также определить темпы загрязнения. На участках, расположенных рядом с исследуемым участком, в верхнем 10-сантиметровом слое содержание свинца доходит до 1802,8 мг/кг (в зональной почве — до 3,6 мг/кг); кадмия — до 56,3 мг/кг (в зональной почве — до 0,38 мг/кг); цинка — до 58 000,0 мг/кг (в зональной почве — до 25,2 мг/кг); меди — до 881,8 мг/кг (в зональной почве — до 0,4 мг/кг); никеля — до 4,7 мг/кг (в зональной почве — до 0,9 мг/кг); кобальта — до 0,9 мг/кг (в зональной почве — 0,8 мг/кг). То есть по некоторым элементам превышения составляют несколько порядков в сравнении с зональными значениями (см. табл. 1).

При формировании почвенного покрова кроме материнской породы появляется еще одно хранилище тяжелых металлов — это гумусовый горизонт. Гумус обладает высокой депонирующей способностью, образуя с тяжелыми металлами комплексные органоминеральные соединения [1]. При почвообразовании происходит некоторая дифференциация содержания тяжелых металлов по профилю почвы, связанная с биогенной аккумуляцией меди, цинка в гумусовом горизонте A_1 . Взаимодействие тяжелых металлов с простыми

органическими кислотами заканчивается образованием солей и других соединений. Основное депо тяжелых металлов в самом гумусе — гумусовые кислоты. Ведущие процессы концентрирования — обменное поглощение ионов на алифатических цепочках и комплексообразование [1].

На контрольных участках, расположенных в 30 км от зоны исследования, в черноземах горных содержание тяжелых металлов незначительное, по сравнению с черноземами деградированными. Это свидетельствует о том, что такое большое количество тяжелых металлов, превышающее контроль в порядки, поступило в почву в результате деятельности предприятия.

Добыча и переработка полезных ископаемых и, как следствие, развитие промышленности привело к тому, что в почвах ландшафтов, окружающих производства и места добычи, значительно повышается содержание тяжелых металлов. По данным И. Торнтон, в почве одного из предместий Лондона содержится свинца — до 13 680 мг/кг, цинка — до 13 120 мг/кг, кадмия — до 40 мг/кг, меди — до 2320 мг/кг [5].

Общегородскими химическими элементами-загрязнителями являются Sn и Pb; часто встречающимися — Cu, Zn, Cd; локальными — Cr, Mo, Ni, Mn, Co, Bi, As, Sr [6]. В деградированных черноземах исследуемой территории тяжелых металлов накопилось столько много (см. табл. 1), что они оказались не только общегородскими химическими элементами-загрязнителями, но

Таблица 1

Валовое содержание тяжелых металлов в верхних слоях почвы исследуемой территории с различными видами высеванных растений и в контрольном черноземе горном

Зона участка. Растительность. Глубина отбора проб	Валовое содержание элемента, мг/кг					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Co
Верхняя. Суданская трава. (0...10 см)	53,8	1802,8	538,6	71,6	3,5	0,6
Верхняя. Береза и жимолость. (0...10 см)	40,2	1209,0	20 000,0	341,2	4,7	0,9
Верхняя. Береза и жимолость. (10...20 см)	0,4	11,3	120,0	0,3	3,3	0,7
Средняя. Разнотравье. (0...10 см)	32,2	141,3	7400,0	19,2	1,3	0
Средняя. Разнотравье. (5...15 см)	18,2	200,7	7200,0	25,6	3,9	0
Средняя. Донник. (0...10 см)	56,3	2545,6	58 000,0	881,8	3,2	0,6
Нижняя. Береза и сирень. (0...10 см)	36,5	386,4	11 050,0	42,6	2,8	0
Нижняя. Береза и сирень. (10...20 см)	8,9	55,7	4200,0	2,3	2,7	0,6
Нижняя. Шиповник. (0...10 см)	39,6	392,6	10 400,0	60,7	1,9	0,7
С. Бутаково. Контрольный участок. Чернозем горный. Горизонт А (пах). (0...20 см)	0,38	3,6	25,2	0,4	0,9	0,8
С. Бутаково. Контрольный участок. Чернозем горный. Горизонт АВ. (20...90 см)	0,1	1,8	3,1	0,3	0,9	0



и загрязнителями окружающих город Риддер естественных горных экосистем. Таким образом, техногенное загрязнение окружающей среды — полиметалльное и катастрофическое. В почвах накапливаются в огромных дозах не только профилирующий в производстве элемент — цинк, но и сопутствующие ему в рудах элементы — свинец, кадмий, медь.

Почва обладает буферностью, т. е. способностью противостоять изменению почвенных свойств при воздействии на нее различных отрицательных факторов. Буферность почвы по отношению к тяжелым металлам — это возможность почвы уменьшать их подвижность, что ограничивает негативное влияние на почвенные организмы, снижает поступление в растения, ослабляет миграцию. В инактивации избыточных ионов участвуют тонкодисперсные минеральные частицы, гумусовые кислоты, полуторные окислы, а также реакция среды и окислительно-восстановительный потенциал, а ведущими процессами являются процессы обмена, комплексообразования, хелатирования, хемосорбция. Буферность почвы по отношению к избыточным катионам обеспечивается гумусом, тогда как по отношению к избыточным анионам — оксидами и гидроксидами железа (Fe) и алюминия (Al). Процессы сорбции являются важным моментом взаимоотношений между почвой и поступающими в нее тяжелыми металлами, а сорбированные ионы становятся основным источником формирования потока химических элементов из почвы в растения [2, 7, 8, 9].

Таким образом, в почве тяжелые металлы трансформируются, особенно их водорастворимые формы. Главным итогом трансформации становится уменьшение подвижности тяжелых металлов и накопление их в верхнем слое почвы. Закрепление осуществляется, прежде всего, в ходе сорбции ионов, образования комплексных органо-минеральных соединений и хелатов [1]. Миграции тяжелых металлов вниз по профилю почвы препятствуют полуторные окислы и гидроокислы Al, Fe, Mg, Mn.

Большую роль в количестве и подвижности тяжелых металлов играет реакция почвенной среды (табл. 2). В кислой среде подвижность соединений тяжелых металлов увеличивается, в щелочной — уменьшается. Таким образом, окислительно-восстановительная характеристика почвы зависит от поведения элементов-загрязнителей, которые имеют способность менять свою валентность. Поэтому большое количество Cd, Cu, Ni, Pb, Zn в почвах связано с тем, что эти элементы хорошо

Таблица 2

Значения почвенных pH на участках с различными видами растений

Зона участка. Растительность. Глубина отбора проб	pH
Верхняя. Суданская трава. (0...10 см)	6,45
Верхняя. Береза и жимолость. (0...10 см)	6,65
Верхняя. Береза и жимолость. (10...20 см)	6,33
Средняя. Разнотравье. (0...10 см)	6,42
Средняя. Разнотравье. (10...20 см)	6,67
Средняя. Донник. (0...10 см)	6,16
Нижняя. Береза и сирень. (0...10 см)	6,76
Нижняя. Береза и сирень. (10...20 см)	6,89
Нижняя. Шиповник. (0...10 см)	6,34
С. Бутаково. Контрольный участок. Чернозем горный. Горизонт А (пах). (0...20 см)	7,21
С. Бутаково. Контрольный участок. Чернозем горный. Горизонт АВ. (20...90 см)	6,54

мигрируют в кислых средах и осаждаются на щелочном барьере, который находится практически на поверхности почвы (глубина 0...10 (15) см).

Изучение аккумуляции тяжелых металлов в почве вскрыло еще одну важную экологическую проблему. При избыточном содержании химических элементов губительному воздействию подвергается почвенная микрофлора. Начинает изменяться ее видовой состав, численность, что приводит, в конечном итоге, к деструкции и регрессивной сукцессии. Нарушается ферментативный баланс. В загрязненной почве происходит незамкнутый цикл углерода, снижение гумификации растительных остатков с последующим их исчезновением, происходит снижение гумуса и азота. Скорее всего, вместо полезной микрофлоры происходит замещение грибами, которые выделяют вещества, угнетающие растения. Также происходит уничтожение альгоценоза, зооценоза, т. е. коренное изменение биогенного фактора почвообразования.

При реабилитации почв, подвергшихся загрязнению тяжелыми металлами, необходимо выбирать мероприятия, применяя которые произошло бы восстановление почвенного покрова либо прекращение его деградации. Для этого нужно ликвидировать или значительно сократить поступление токсикантов в окружающую среду. В условиях города Риддера на свинцово-цинковом комбинате этого можно достичь, например, внедряя новые технологии и применяя улавливатели выбросов в атмосферу и речную систему. Если в ближайшее

время не удастся ограничить поступление загрязнителей в окружающую среду, большие площади земель будут постоянно привлекать к себе внимание. Например, кадмий может сохраняться в почве несколько десятилетий, прежде чем количество этого элемента снизится до допустимого значения.

Почва, без применения реабилитационных мероприятий, способна самоочищаться (поступающие в нее материалы техногенного происхождения со временем разрушаются и выносятся за пределы почвенного профиля, частично закрепляются в недоступной для растений форме). Тем не менее проведение рекультивации загрязненных территорий позволит значительно ускорить процессы восстановления, так как защитные способности почвы ограничены.

Общедоступными методами детоксикации тяжелых металлов в почве служат внесение извести и применение органических удобрений. При известковании почвы поступление тяжелых металлов в растения уменьшается. Это объясняется тем, что: 1) при возрастании pH тяжелые металлы выпадают из почвенного раствора в осадок в виде карбонатов, фосфатов, гидроксидов; 2) при возрастании pH и содержания ионов кальция уменьшается способность корней растений к поглощению тяжелых металлов, особенно свинца; 3) известкование благоприятствует образованию комплексов органических веществ почвы с тяжелыми металлами. Доза извести рассчитывается таким образом, чтобы нейтрализовать обменную кислотность. Вероятно, нужно проводить более глубокое подщелачивание для нейтрализации гидролитической кислотности. Здесь вступает в свои права экономический фактор.

Применение органических удобрений (навоза, торфа) позволит использовать свойство многих органических соединений к комплексообразованию с тяжелыми металлами. Образующиеся органоинеральные комплексы являются либо малоподвижными, либо неспособными к преодолению клеточных мембран корневых систем растений. Немаловажный момент — органические удобрения обогащают почву органическим углеродом и элементами питания растений.

Детоксикацией обладают фосфорные удобрения, так как фосфаты свинца, цинка представляют собой труднорастворимые соединения, малодоступные для растений. Для детоксикации переизбытка тяжелых металлов в почве может эффективно использоваться угольный отсев или

угольная крошка — это весьма емкий катионообменник, который в состоянии поглотить мобильную часть элементов-загрязнителей. Для детоксикации применяются и биологические приемы, которые сводятся к выращиванию на загрязненных участках толерантных растений и фитомелиорации. При фитомелиорации обеспечивается максимальный вынос загрязнителей из почвы. Но возникает проблема, вызванная необходимостью утилизации выращенных культур.

Один из действенных способов рекультивации — удаление верхнего токсичного слоя и размещение на его месте чистого плодородного слоя почвы (ПСП) с проведением фитомелиорации. Выращивание трав необходимо для создания корнеобитаемого слоя, который будет препятствовать эрозионным процессам.

Экологическая катастрофа в этом регионе Алтая проявляется по нескольким основным направлениям.

1. Накопление гигантского объема промышленных и других отходов, нарушающее естественные и биологические циклы и значительно сокращающее площади естественных экосистем.

2. Сброс промышленных и бытовых стоков в пресноводные системы без применения современных технологий очистки и, как следствие, разрушение биологической структуры этих систем.

3. Нарушение теплового режима водоемов в результате загрязнения.

4. Загрязнение атмосферы продуктами сгорания топлива, влекущее к перерождению воздушного бассейна.

5. Возрастание уровня шума, вибраций, излучений, негативно влияющих на жизненные функции растений, животных и людей.

6. Проведение широкомасштабных открытых горных работ, не сопровождаемых восстановлением и рекультивацией земель, приводящих к уничтожению почв, изменению ландшафтов, до полной ликвидации экосистем.

7. Промышленная вырубка лесов и низкие темпы их восстановления, создающие угрозу снижения фотосинтезирующего потенциала биосферы, нарушения почвообразовательных процессов, изменения гидрологического режима и климата, разрушения условий местообитания многих видов растений и животных.

8. Быстрое развитие эрозийных процессов и опустынивания, сокращение пахотных земель и других сельскохозяйственных угодий.

9. Обеднение видового разнообразия флоры и фауны, существенное снижение устойчивости экосистем и биосферы в целом.

Считается, что зона экологического неблагополучия вокруг городов с интенсивными производствами имеет ширину около 5...7 км [10]. Но могут быть исключения. Очевидно, что техногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами в городе Риддер распространяется довольно далеко от городской черты — минимум на 7 км, и шлейфом до 25...50 км по направлению господствующих ветров и вниз по течению горных рек. По данным некоторых исследователей, в радиусе 1 км от источника загрязнения на почве оседает 1...3 % тяжелых металлов от их количества в атмосферных выбросах, а доля осевшего на почву цинка в радиусе 10 км от цинкового завода не превышает 10 % [11]. Следовательно, основное загрязнение тяжелыми металлами (до 90 %) ветрами распространяется дальше, на соседние территории.

Выводы

1. Экологическая ситуация, сложившаяся вокруг предприятия цветной металлургии, оценивается как катастрофическая. Почвенно-экологический статус — неудовлетворительный [3].

2. Химические элементы-загрязнители накапливаются главным образом в гумусовой части профиля (0...10 (20) см). Превышения цинка, свинца, меди, кадмия составляют несколько порядков в сравнении с фоновыми значениями. Содержание никеля и кобальта также выше фоновых значений.

3. В почве тяжелые металлы трансформируются, особенно их водорастворимые формы. Главным итогом трансформации становится уменьшение подвижности тяжелых металлов и накопление их в верхнем слое почв.

4. Весь участок оказался сильно загрязненным тяжелыми металлами (особенно свинцом, цинком и кадмием), независимо от экспозиции и наклона. Наиболее загрязнена средняя зона под бобовыми травами (донником).

5. Для возвращения нарушенной экосистемы в удовлетворительное состояние необходимо

резко сократить опасные для природы выбросы с предприятия, срочно переоборудовать очистные системы с применением современных технологий очистки выбросов.

6. После сокращения выбросов необходимы реабилитационные мероприятия, которые сводятся к инаktivации избыточных химических элементов в почвах. Одним из радикальных методов рекультивации и реабилитации предлагается создание нового пахотного горизонта за счет плантажной вспашки, обеспечивающей погребение загрязненного слоя на глубину 50...60 см и выворачивание на поверхность подпахотного незагрязненного.

Список литературы

1. Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва—растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 220 с.
2. Двуреченский В. Г., Козыбаева Ф. Е., Бейсеева Г. Б. Особенности содержания тяжелых металлов в растениях, произрастающих под негативным воздействием предприятий цветной металлургии // Безопасность жизнедеятельности. 2021. № 6 (246). С. 43—50.
3. Двуреченский В. Г., Двуреченская В. В. Картографирование антропогенных ландшафтов таежного пояса юга Западной Сибири с целью определения эколого-почвенного статуса // Живые и биокосные системы. Научное электронное издание Южного Федерального Университета. 2021. № 35.
4. Классификация почв России. М., 1997. 236 с.
5. Thornton J. Metal contamination of soils in UK urban gardens: implications to health // Contaminated soils. Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publ. 1986. P. 203—207.
6. Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
7. Соколова Т. А., Мотузова Г. В., Малинина М. С., Обуховская Т. Д. Химические основы буферности почв. М.: Изд-во МГУ, 1991. 108 с.
8. Мотузова Г. В. Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям // Почвоведение. 1994. № 4. С. 46—52.
9. Пинский Д. Л. Ионобменные процессы в почвах. Пушкино, 1997. 166 с.
10. Сатаева Л. В., Сурнин В. А., Лобов А. И., Кулешов Л. Н. Оценка загрязнения земель тяжелыми металлами по субъектам Российской Федерации // Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 4. С. 23—28.
11. Маханько Э. П., Малахов С. Г., Вертинская Г. К. Опыт исследования загрязнения почвы металлами вокруг металлургических предприятий // Тр. Ин-та эксперим. Метеорологии. М.: Гидрометеоздат, 1985. Вып. 13 (128). С. 50—59.

V. G. Dvurechenskij, Associate Professor, e-mail: dvu-vadim@mail.ru, Novosibirsk State Architectural and Construction University, Associate Professor, Novosibirsk State Pedagogical University,
F. E. Kozybayeva, Professor, Chief Researcher, e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru,
G. B. Beiseeva, Chief Researcher, e-mail: beiseeva2009@mail.ru, Kazakh Scientific Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, Almaty, Kazakhstan

Influence of Non-Ferrous Metallurgy Enterprises on the Content of Heavy Metals in the Soils of Altai

Environmental protection must be considered the most important task of the entire world community. The issues of nature protection concern absolutely all living beings on the planet. The problems associated with the pollution of ecosystems are relevant not only for countries with abundant natural resources, where a full technological cycle and highly developed industrial production are established, but also for countries in which mining and primary processing of minerals take place. As a result of the extraction and processing of any natural resources, especially non-ferrous and ferrous ores, there is a radical change in natural landscapes, up to complete destruction, ecological chains are interrupted, etc. At the same time, landscapes with degraded soil cover appear in place of natural ecosystems. Moreover, in the soils of such landscapes, the content of heavy metals exceeds the background values by hundreds and thousands of times. The article reflects the features of the content of heavy metals in soils affected by non-ferrous metallurgy enterprises in Altai.

Conclusions. 1. The ecological situation is assessed as catastrophic. The soil and ecological status is unsatisfactory. 2. Chemical pollutants accumulate mainly in the humus part of the profile (0...10 (20) cm). 3. In the soil, heavy metals are transformed, especially their water-soluble forms. The main result of the transformation is a decrease in the mobility of heavy metals and their accumulation in the upper soil layer. 4. The middle zone under leguminous grasses (melilot) is most polluted with heavy metals. 5. To return the disturbed ecosystem to a satisfactory state, it is necessary to drastically reduce emissions from the enterprise, urgently re-equip treatment systems with the use of modern technologies for cleaning emissions. 6. After reducing emissions, rehabilitation measures are required, which are reduced to inactivation of excess chemical elements in soils.

Keywords: degradation of natural ecosystems, heavy metals, soil cover, ecological disaster

References

1. **Il'in V. B.** Tjzhelye metally i nemetally v sisteme pochva—rastenie. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012. 220 p. (In Russ.)
2. **Dvurechenskij V. G., Kozybaeva F. E., Beiseeva G. B.** Oso-bennosti soderzhaniya tjzhelyh metallov v rastenijah, proiz-rastajushhih pod negativnym vozdejstviem predpriyatij cvet-noj metallurgii. *Bezopasnost' zhiznedjatel'nosti*. 2021. No. 6 (246). P. 43—50. (In Russ.)
3. **Dvurechenskij V. G., Dvurechenskaja V. V.** Kartografi-rovanie antropogennyh landshaftov taezhnogo pojasa juga Zapadnoj Sibiri s cel'ju opredelenija jekologo-pochvennogo statusa. *Zhivye i biokosnye sistemy. Nauchnoe Jelectronnoe izdanie Juzhnogo Federal'nogo Unbiversiteta*. 2021. No. 35.
4. **Klassifikacija** pochv Rossii. Moscow, 1997. 236 p. (In Russ.)
5. **Thornton J.** Metal contamination of soils in UK urban gar-dens: implications to health. *Contaminated soils*. Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publ. 1986. P. 203—207. (In Engl.)
6. **Il'in V. B., Syso A. I.** Mikrojelementy i tjzhelye metally v pochvah i rastenijah Novosibirskoj oblasti. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001. 229 p. (In Russ.)
7. **Sokolova T. A., Motuzova G. V., Malinina M. S., Obuhovs-kaja T. D.** Himicheskie osnovy bufernosti pochv. Moscow: Izd-vo MGU, 1991. 108 p. (In Russ.)
8. **Motuzova G. V.** Priroda bufernosti pochv k vneshnim him-icheskim vozdejstvijam. *Pochvovedenie*. 1994. No. 4. P. 46—52. (In Russ.)
9. **Pinskij D. L.** Ionoobmennye processy v pochvah. Pushhino, 1997. 166 p. (In Russ.)
10. **Sataeva L. V., Surnin V. A., Lobov A. I., Kuleshov L. N.** Ocenka zagraznenija zemel' tjzhelymi metallami po sub#ektam Rossijskoj Federacii. *Himija v sel'skom hozjajstve*. 1995. No. 4. P. 23—28. (In Russ.)
11. **Mahan'ko Je. P., Malahov S. G., Vertinskaja G. K.** Opyt issledovanija zagraznenija pochvy metallami vokrug metal-lurgicheskikh predpriyatij. Tr. In-ta jeksperim. Meteorologii. Moscow: Gidrometeoizdat, 1985. Vyp. 13 (128). P. 50—59. (In Russ.)

УДК 614.8

Б. Е. Жакипбаев, доктор PhD, руководитель представительства Международной общественной организации "Международный союз молодых ученых" в Республике Казахстан, e-mail: bibol_8484@mail.ru,
А. В. Шныпарков, канд. физ.-мат. наук, доц., ст. преп., e-mail: shnyparkov82@mail.ru,
В. В. Копытков, канд. техн. наук, доц., начальник кафедры, e-mail: kapytkou@mail.ru, Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси,
А. С. Колесников, канд. техн. наук, проф. кафедры, e-mail: kas164@yandex.kz, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент

Решения, направленные на локализацию и ликвидацию выбросов химически опасных веществ

Статья посвящена созданию активной защиты для водяного осаждения паров жидкого аммиака на складах его хранения при аварийном выбросе аммиака из сосудов под давлением.

Ключевые слова: жидкий аммиак, выброс, токсичные вещества, авария, газообразный аммиак

Введение

Химическая и нефтехимическая промышленность является одной из важнейших экспортных отраслей в промышленности Республики Беларусь. С тенденцией востребованности наличия на территориях предприятий жидкого аммиака в больших количествах (при производстве аммиака либо его хранении для обеспечения бесперебойной работы в процессе получения минеральных удобрений) существенно возросла опасность, связанная с возможностью залповых выбросов больших количеств аммиака в атмосферу. Такие аварийные ситуации создают серьезную угрозу жизни не только многотысячного производственного персонала (ОАО "Гомельский химический завод" (ГХЗ), ОАО "Одесский припортовый завод"), но и жителей, расположенных вблизи населенных пунктов.



Рис. 1. Отделение № 1 отделения подготовки аммиака

К примеру, отделение подготовки аммиака цеха гранулированного аммофоса ОАО ГХЗ вместимостью 550 т жидкого аммиака и 300 т (25—35 %) аммиачной воды состоит из двух отделений. В отделении № 1 (рис. 1) размещены пять хранилищ жидкого аммиака емкостью 100 м³ каждое с рабочим давлением 1,5 МПа и аварийным хранилищем емкостью 100 м³.

Основная часть

Локализация и обеззараживание источников химического заражения имеет целью подавить или снизить до минимально возможного уровня воздействие вредных и опасных факторов, представляющих угрозу жизни и здоровью людей, экологии, а также затрудняющих ведение спасательных и других неотложных работ на аварийном объекте и в зоне химического заражения за пределами химически опасного объекта [1].

Основными способами локализации и обеззараживания источников химического заражения, с учетом вида опасного химического вещества (ОХВ), являются [2]:

— постановка водяных завес (завесы ставятся отделениями пожаротушения по указанию руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации (далее РЛЧС). При наличии достаточного количества сил и средств на месте чрезвычайной ситуации (далее ЧС) постановка водяных завес осуществляется параллельно с поиском и спасением пострадавших на месте ЧС;

— уменьшение испарения опасных химических веществ (ОХВ) с зеркала пролива путем создания пенной подушки (пенная подушка создается отделениями пожаротушения по указанию РЛЧС);

— восстановление целостности транспортной емкости (перекрытие запорной арматуры, наложение банджа, забивка деревянных чопов);

— сбор жидкого пролива ОХВ с помощью насоса для перекачки агрессивной жидкости (при отработке вводной осуществляется сборка насосной линии, проверяется работоспособность насоса).

При выбросах (проливах) аммиака использование водяных завес является основным способом ограничения распространения и обеззараживания формирующегося аммиачно-воздушного облака. Водяные завесы образуют динамическую преграду, препятствующую распространению аммиачно-воздушного облака, способствуют снижению концентрации аммиака. Эта преграда является полупроницаемой и оказывает двойственное действие. Во-первых, проходя сквозь эту преграду, аммиак частично связывается за счет растворения в воде. Во-вторых, водяные завесы препятствуют распространению зараженного облака, создавая дополнительные конвективные потоки, способствуют его турбуляризации и рассеиванию.

Проведение аварийно-спасательных работ при ликвидации аварий, связанных с выбросом аммиака, происходит, как правило, в условиях формирования вторичного облака, определяемого размерами пролива, скоростью ветра и интенсивностью парообразования. Эффективность применения водяных завес зависит от ряда факторов, основными из которых являются правильный выбор их параметров и схема постановки. Выбор схемы постановки водяных завес осуществляется на основе данных о площади пролива (объеме газообразного выброса), скорости ветра и концентрации аммиака в приземном слое.

В то же время анализ литературных данных и нормативных актов Республики Беларусь показывает, что для борьбы с аварийными выбросами (проливами) аммиака в Республике Беларусь, как правило, аварийно-спасательными службами используются "подручные" средства (стволы с насадками-распылителями, специально переоборудованные рукавные, турбинные и веерные распылители и т. п.) [3]. Вместе с тем специальных исследований по определению эффективности и области применения различных стационарных технических средств, работающих

в автоматическом режиме, для борьбы с выбросами (проливами) аммиака не проводилось. Так, в нормативных правовых актах Республики Беларусь требований, регламентирующих оборудование складов жидкого аммиака стационарными средствами, предотвращающими распространение газового облака аммиака в случае пролива (ускоренное растворение его в дисперсной воде, применение водяных завес), не имеется [4–6]. Соответственно, отсутствуют и требования, предъявляемые к проектированию, монтажу, наладке и техническому обслуживанию данных систем.

Далее рассмотрим техническое средство активной защиты промышленных объектов при аварийных выбросах химически опасных веществ (рис. 2). Суть предлагаемого средства химической защиты заключается в том, что над защищаемым объектом (резервуар, склад химически опасных веществ, отдельно стоящий ресивер и т. п.), на некотором расстоянии от объекта (зависит от расположения оборудования, удобства обслуживания) прокладываются подводящий 2 и распределительный 3 трубопроводы, которые соединены питающим трубопроводом 4 с насосной установкой 5. Диаметр трубопровода рассчитывается исходя из протяженности трубопроводов и объема

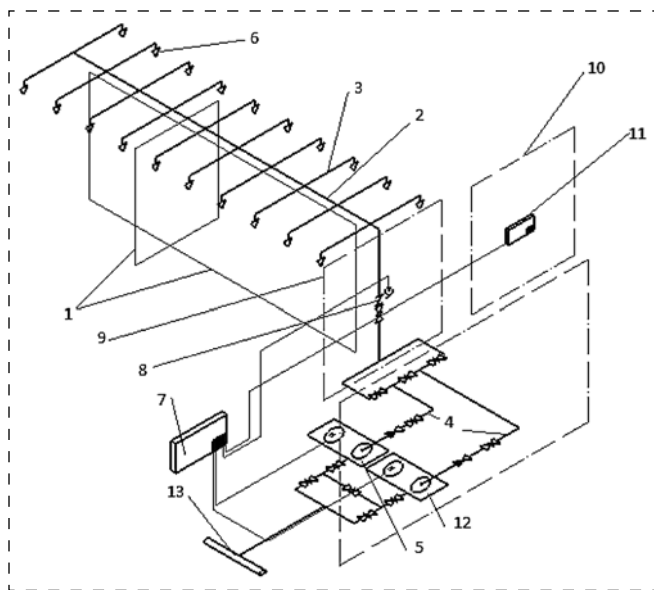


Рис. 2. Схема предлагаемой защиты складов хранения аммиака:

1 — защищаемый объект; 2 — подводящий трубопровод; 3 — распределительный трубопровод; 4 — питающий трубопровод; 5 — насосная установка; 6 — дренчерный ороситель; 7 — панель приборов управления; 8 — узел управления; 9 — помещение узла управления; 10 — помещение пожарного поста; 11 — выносной прибор управления и контроля; 12 — резервный насос; 13 — подводящий трубопровод от резервуара с жидкостью к насосам



защищаемого объекта. От этих же параметров зависит и производительность насосной установки. На распределительный трубопровод по всей длине устанавливаются дренчерные оросители 6, обеспечивающие вертикальное распространение водяных струй. Вода поступает в коллектор от насосной установки (соединенной с резервуаром с водой или гидрантом) по магистральному трубопроводу под давлением. Данное устройство может включаться как в ручном режиме, так и в автоматическом на основе прибора управления 7.

Газо-, паровоздушное облако опасного химического вещества, распространяющееся от источника выброса, вступает в контакт с вертикальной водяной завесой, способствующей локализации.

Наряду с применением стационарных установок водяных завес возможно использование уже имеющихся систем аварийной сигнализации (далее САС). Это позволит своевременно обнаружить утечки аварийно химически опасного вещества (далее АХОВ) и управлять системами локализации и нейтрализации ядовитого облака.

САС выполняет следующие функции:

- контроль концентрации АХОВ (хлор, аммиак и др.) в местах их хранения и использования;
- контроль массы АХОВ в рабочем резервуаре;
- контроль доступа в охраняемые помещения объекта и к наружным датчикам;
- управление стационарной установкой водяных завес;
- управление локальной сигнализацией в помещениях дежурного персонала.

Для предотвращения несанкционированного доступа на объекте и на каждом внешнем датчике АХОВ устанавливаются охранные датчики. Такой подход позволяет точно выявить факт аварии и исключить ложные срабатывания САС.

При обнаружении утечки АХОВ, превышающей пороговый уровень, система:

- включает световую и звуковую аварийную сигнализацию;
- активирует системы нейтрализации и локализации аварии.

Система может использоваться как автономно, так и в составе объектовой системы оповещения.

С вводом в эксплуатацию САС на химически опасном объекте:

- обеспечивается постоянный контроль химической обстановки на объекте;
- сокращается время реакции на возникновение аварии, что позволяет сократить масштаб аварии;

- сокращается время, необходимое для включения систем локальной сигнализации и нейтрализации утечки АХОВ;
- повышается экологическая безопасность за счет оперативного управления системами локализации и нейтрализации АХОВ;
- повышается безопасность производства в результате применения высококачественного оборудования, апробированных алгоритмов и исключения человеческого фактора при принятии управленческих решений.

Заключение

Предложенное техническое решение позволит существенно расширить тактические возможности аварийно-спасательных служб по эвакуации гражданского персонала за счет локализации аммиачного облака в районе мест их хранения. Образующаяся аммиачная вода в больших объемах не представляет угрозу окружающей среде и может быть использована в сельском хозяйстве как источник азота.

Список литературы

1. **Методические рекомендации** по организации и технологиям ликвидации чрезвычайных ситуаций с наличием опасных химических и радиоактивных веществ: утв. заместителем Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. 20.01.2014. Минск, 2014. 151 с.
2. **Инструкция** о порядке проведения работниками органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь первоочередных действий при реагировании на чрезвычайные ситуации с наличием опасных химических веществ: приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 18 ноября 2019 г., № 336 // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. URL: <https://rosh.mchs.gov.by/upload/iblock/blb/instruktsiya-o-poryadke-provedeniya-rabotnikami-opchs-pervoocherednykh-deystviy-pri-reagirovani-na-chs-s-okhv.pdf> (дата обращения 09.12.2021).
3. **Инструкция** по расчету сил и средств для постановки водяных завес при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом (проливом) аммиака: приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 7 июля 2008 г., № 89 // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. URL: <https://mchs.gov.by/zakonodatelstvo-v-sfere-deyatelnosti-mchs/npa-mchs/prikazy/> (дата обращения 08.12.2021).
4. **ПБ 09-540—03** Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
5. **ГОСТ 12.3.047—98** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
6. **ПБ 09-579—03** Правила безопасности наземных складов жидкого аммиака.

B. Ye. Zhakipbayev, PhD, Head of the Representative Office of the International Public Organization "International Union of Young Scientists" in Kazakhstan Republic, e-mail: bibol_8484@mail.ru, **A. V. Shnyparkov**, Associate Professor, Senior Lecturer, e-mail: shnyparkov82@mail.ru, **V. V. Kopytkov**, Associate Professor, Chief of Department, e-mail: kapytkou@mail.ru, Gomel Branch of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Belarus, **A. S. Kolesnikov**, Professor, e-mail: kas164@yandex.kz, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent

Solutions Aimed at Localizing and Eliminating Emissions of Chemically Hazardous Substances

This article is devoted to the analysis of hazards associated with the possibility of volley emissions of large amounts of ammonia into the atmosphere at chemical and petrochemical enterprises. Guidelines of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus regulating actions aimed at localization and elimination of emergency situations related to the presence of hazardous chemicals, as well as regulatory legal acts in the field of fire safety of technological facilities were considered. As a result, no special studies have been carried out to determine the effectiveness and scope of various stationary equipment operating in automatic mode to control ammonia emissions (straits). Based on the analysis, technical solutions are proposed, consisting in the use of stationary devices that ensure the timely detection and control of the spread of emissions of chemically hazardous substances, which make it possible to exist

Keywords: liquid ammonia, discharge, toxic substances, accident, ammonia gas

References

1. **Metodicheskie rekomendacii** po organizacii i tekhnologiyam likvidacii chrezvychajnyh situacij s nalichiem opasnyh himicheskikh i radioaktivnyh veshchestv: utv. zamestitelem Ministra po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus'. 20.01.2014. Minsk, 2014. 151 p.
2. **Instrukciya** o poryadke provedeniya rabotnikami organov i podrazdelenij po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus' pervoocherednyh dejstvij pri reagirovanii na chrezvychajnye situacii s nalichiem opasnyh himicheskikh veshchestv: prikaz Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus', 18 noyabrya 2019 g., № 336. Ministerstvo po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus'. URL: <https://rosn.mchs.gov.by/upload/iblock/b1b/instruktsiya-o-poryadke-provedeniya-rabotnikami-opchs-pervoocherednykh-deystviy-pri-reagirovanii-na-chs-s-okhv.pdf> (date of access 09.12.2021).
3. **Instrukciya** po raschetu sil i sredstv dlya postanovki vodyanyh zavov pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij, svyazannyh s vybrosom (prolivom) ammiaka: prikaz Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus', 7 iyulya 2008 g., № 89. Ministerstvo po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus'. URL: <https://mchs.gov.by/zakonodatelstvo-v-sfere-deyatelnosti-mchs/npa-mchs/prikazy/> (date of access 08.12.2021).
4. **PB 09-540—03** Obshchie pravila vzryvobezopasnosti dlya vzryvopozharoopasnyh himicheskikh, neftekhimicheskikh i neftepererabatyvayushchih proizvodstv.
5. **GOST 12.3.047—98** Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh processov. Obshchie trebovaniya. Metody kontrolya.
6. **PB 09-579—03** Pravila bezopasnosti nazemnyh skladov zhidkogo ammiaka.



УДК 587.41

Р. Р. Закирова, канд. с.-х. наук, доц., raushany@inbox.ru,
Н. Ф. Свинцова, канд. техн. наук, доц.,
Удмуртский государственный университет, Ижевск

Повышение защиты газопровода от коррозии в ПАО "Газпром Чайковский"

Представлены результаты внутритрубной дефектоскопии с выявлением дефектов продольной ориентации (зоны продольных трещин) коррозионного процесса на участке Ямбург—Елец-2 ПАО "Газпром Чайковский". В ходе проведения коррозионного анализа был получен высокий коррозионный балл. Отмечена целесообразность использования точечно распределенных анодов, устанавливаемых вблизи линий электропередач. От действующих станций катодной защиты по столбам существующей линии электропередач проводится кабель к установленным анодам. К достоинствам данного метода относят минимальные вложения в реконструкцию, использование электрической мощности существующей станции катодной защиты, причем потребляемая станцией мощность снизится за счет уменьшения выходных режимов.

Ключевые слова: коррозионный процесс, дефектоскопия, станция катодной защиты, электрохимзащита, трубопроводы, анодные заземления

Введение

Коррозией называется процесс разрушения металла вследствие химического или электрохимического взаимодействия с коррозионной средой. Для процесса коррозии следует применять термин "коррозионный процесс", а для следствия процесса — "коррозионное разрушение" [1—4]. В таком определении подчеркивается, во-первых, что коррозионный процесс протекает самопроизвольно, т. е. без получения энергии извне, во-вторых, что в основе его лежит химическое взаимодействие металла со средой. Если стенка трубопровода меняет свою несущую способность вследствие воздействия на нее потока природного газа, содержащего песок (абразив), разрушение не связано с коррозией.

Поражение коррозией металла является одной из наиболее существенных и актуальных на сегодняшний день проблем, поскольку приблизительно 42 % аварий на газопроводе происходит по причине коррозии. По данным Ростехнадзора только за последнее десятилетие произошло несколько сотен аварий, повлекших за собой жертвы и причинивших большой экологический, а также экономический ущерб. Поэтому эффективность противокоррозионной защиты в значительной степени необходима для работоспособности газопровода, исключения утечек газа, а также уменьшения аварийности.

Проблема защиты металлов от коррозии возникла на начальных этапах их использования. Люди пытались защитить металлы от атмосферного воздействия путем нанесения жира, масел, а позднее и покрытия другими металлами, а прежде всего

легкоплавким оловом. В трудах древнегреческого историка Геродота уже в V веке до нашей эры упоминается применение олова для защиты железа от коррозии. В зависимости от условий возникновения коррозии и характера ее протекания применяются различные методы защиты. Выбор того или иного способа определяется его эффективностью в конкретном случае, а также экономической целесообразностью [5, 6, 10].

Цель исследования: разработка способов защиты металлов газопроводов от коррозии.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является коррозионный процесс на участке Ямбург—Елец-2 ПАО "Газпром Чайковский". В газовой отрасли под аварией понимается повреждение или выход из строя механических частей объекта, а также полное или частичное разрушение технических агрегатов. В связи с этим надежная, долговечная и безопасная эксплуатация газопровода напрямую зависит от качества металла, используемого при строительстве газопровода.

При строительстве газопровода ПАО "Газпром Чайковский" используются трубы из стали в соответствии с реестром трубной продукции, технические условия, которые прошли рассмотрение постоянно действующей комиссией предприятия по приемке разных видов трубной продукции. На предприятии часто бывают аварии. В ходе исследования одной из аварий было установлено, что причиной является коррозионное растрескивание под напряжением газопровода по линии сплавления продольного заводского шва с основным металлом трубы, образовавшееся

под воздействием ускоренного старения металла трубы вследствие нарушения герметичности изоляционного покрытия с проникновением под изоляцию водных грунтов.

Результаты исследования

В качестве объекта исследования выбран участок на территории Пермского края в 12 км от поселка Средняя Усьва Горнозаводского района на 1451 км, где 25 февраля 2020 г. произошел взрыв магистрального газопровода Ямбург—Елец-2 с возгоранием по типу факел и другие подобные аварии на 1562 км в 2004 г., 2006 г. и 2008 г.

Данный участок газопровода выбран по причине высокой аварийности в связи с формированием и развитием дефектов коррозионного растрескивания под напряжением. Линейная часть участка представляет собой многониточную систему подземного исполнения, проложенную в едином коридоре, состоящую из восьми ниток.

В 2010 г. была проведена внутритрубная дефектоскопия с выявлением дефектов продольной ориентации (зоны продольных трещин). Было применено оборудование: очистные устройства СО-1400, а также УМОП-1400, снаряды-дефектоскопы ДМТ-1400-256 и ДМТП-1-1400-768. Выбор для анализа данных 2010 г. обусловлен тем, что при ремонте труб с их частичной вырезкой в последующем дают менее статистически значимые результаты, поэтому необходимы результаты измерений с минимально удаленными дефектами, т. е. более раннего периода. В ходе проведения дефектоскопии было выявлено 1238 дефектов. К ним относятся продольные канавки, вмятины, аномальные швы, каверны. Дефекты коррозионного напряжения по результатам дефектоскопии можно разбить на несколько категорий: колонии трещин (зоны длиной 100...900 мм, шириной 10...100 мм, глубиной 20...70 %); единичные трещины (длина от 200 до 600 мм, глубина 30...80 %); зоны коррозионных трещин вблизи продольных и поперечных сварных швов различных размеров (рис. 1).

На участке газопровода Ямбург—Елец-2 используется 1420 труб с толщиной стенки 18,7 мм. Глубинный показатель коррозии на сегодняшний день равен 14,06 мм. Используя шкалу коррозионной стойкости металла, можно рассчитать коррозионный балл, равный 6. Эти данные позволяют сделать вывод, что изоляция на участке Ямбург—Елец-2 неэффективно защищает газопровод от коррозии.

Рассмотрим используемый материал и методы нанесения изоляционного покрытия. На участке Ямбург—Елец-2 применяется система коррозионного покрытия "БИУРС", состоящая из быстро отвердевающего грунта "Праймер МБ" и защитной битумно-уретановой мастики "БИУР".

Грунтовка "Праймер-МБ" наносится в приведенном ниже порядке.

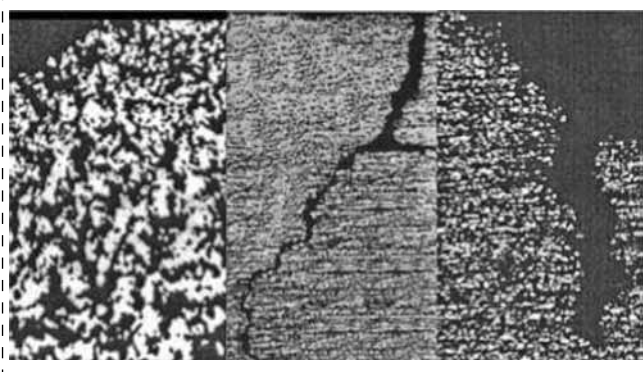


Рис. 1. Фрагменты металла газопровода с дефектами

Грунтовка "Праймер-МБ" бывает двух видов: Компонент А (основа) и Компонент Б (отвердитель) в соотношении по массе 1:0,72 (А:Б). Компонент Б переливается в емкость с компонентом А при постоянном перемешивании. Перемешивание производится не менее 10...15 мин до однородного цвета с помощью миксера.

Грунтовка должна соответствовать характерным свойствам: условная вязкость при нанесении в течение 19...25 с при $T = 25^\circ\text{C}$; жизнеспособность — не менее 2 ч при $T = 25^\circ\text{C}$.

Подготовленная грунтовка наносится установкой безвоздушного напыления или вручную при помощи кистей и валиков. После нанесения грунтовки покрытие выдерживают для предварительного отверждения до нанесения слоя мастики.

В случае выдержки слоя грунтовки больше максимального времени на поверхность должен быть нанесен "освежающий" слой грунтовки толщиной не более 30...50 мкм с выдержкой в течение 30...50 мин и после этого наносят защитную мастику "БИУР".

После нанесения грунтовки оборудование промывается растворителем толуолом + ацетон (50 % на 50 %) или ацетоном.

Порядок нанесения защитной мастики "БИУР":

- Мастику "БИУР" наносят по предварительно высушенному слою грунтовки "Праймер МБ".

- На поверхности слоя грунтовки не допускается наличие пыли, влаги, жировых и масляных загрязнений.

- Перед нанесением компоненты предварительно разогревают при помощи ленточных нагревателей (возможно применение воздушных нагревателей) до температуры 400°C непосредственно в бочках.

- Перед нанесением мастики необходимо произвести сброс компонентов через сопло пистолета до образования равномерного факела без признаков струйного разделения по площади факела. Образование струй в плоскости факела свидетельствует о нарушении дозировки компонентов или нарушении температурного режима на срезе сопла, что может привести к образованию пузырей и отслаиванию мастики от грунтовки.

• В процессе нанесения мастики "БИУР" давление компонентов по показанию манометров должно находиться в пределах $10,5 \pm 0,5$ МПа (105 ± 5 кг/см²) при $T = 60...65$ °С. При этом разность давления по манометрам между компонентами должна быть не более 1,0 МПа (10 кг/см²).

• Нанесение мастики "БИУР" проводится один раз до толщины не менее 2,5 мм.

Отмечено, что на газопроводе Ямбург—Елец-2 гофры преимущественно формируются на расстоянии 0...200 мм от продольного сварного шва, в часовой точке в направлении в периоды 3...5 ч и 7...9 ч. Гофры характеризуются значительной длиной 10...11 м. Можно констатировать, что гофр является одним из основных факторов, приводящих к развитию коррозионных трещин под напряжением и других дефектов. В результате сдвига изоляции происходит нарушение герметичности, возникает полное или частичное отслаивание покрытия от поверхности металла [8].

Разрушение изоляции способствует накоплению влаги на поверхности металла и со временем усиливает коррозионный процесс, так как в воде имеются агрессивные газы такие как, кислород, окись углерода, что вызывает активную коррозию наружной поверхности газопровода и приводит к выводу его из строя.

Получение высокого коррозионного балла в соответствии с ГОСТ 13819—68 в ходе проведения коррозионного анализа на участке Ямбург—Елец-2 свидетельствует о недостаточном защитном потенциале трубопровода, т. е. необходимо применять дополнительные способы защиты газопровода.

Наиболее широко распространенным способом защиты протяженных участков газопроводов является установка станций катодной защиты с применением глубинных анодных заземлений [9, 10]. На протяженных участках трассы устанавливают станции катодной защиты, предназначенные для электрохимической защиты трубопровода от почвенной коррозии (рис. 2). Принцип действия заключается

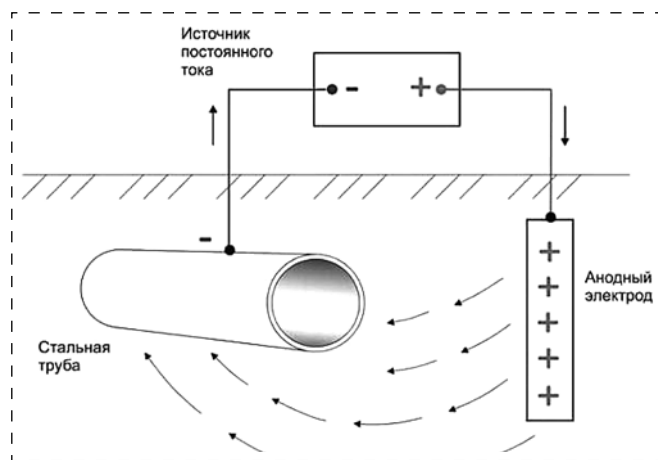


Рис. 2. Катодная защита

в искусственно подаваемом отрицательном (катодном) потенциале для того, чтобы анодный процесс (процесс разрушения металла) происходил на дополнительном искусственном электроде — заземлителе. Станции катодной защиты устанавливают на расстоянии 7...10 км друг от друга в зависимости от электрохимической активности грунтов.

Основными преимуществами данной системы являются минимальные затраты на обслуживание и строительство, но в ходе эксплуатации выявляются и недостатки. К ним относится низкая эффективность в условиях длительной эксплуатации газопроводов, сопровождающейся образованием локальных участков неполной защиты в местах образования дефектов защитного покрытия.

Кроме того, на распределение потенциала по длине трубопровода во многом влияет свойство грунта и сезонное изменение. Достигнуть равномерного распределения потенциалов по всей протяженности участка газопровода данным способом, учитывая все условия эксплуатации, практически невозможно. В настоящее время для установок катодной защиты подземных металлических сооружений используют эластомерные проводящие материалы. Они занимают особое место при изготовлении анодных заземлений. Анодный заземлитель — устройство, предназначенное для создания положительного потенциала с целью защиты подземных металлических коммуникаций от коррозии. Такие электроды можно устанавливать вдоль всего газопровода, тем самым обеспечивая минимальную неравномерность распределения тока защиты по длине трубопровода.

Неравномерное распределение катодной защиты может быть устранено путем установки новых мачтовых станций катодной защиты. Такая станция устанавливается на железобетонном столбе линии электропередач 10 кВ, находящейся на расстоянии в зависимости от степени удаленности нити газопровода. Анод устанавливают рядом с линией электропередач. Упомянутого выше расстояния достаточно, чтобы обеспечить длину защищаемой зоны на уровне 0,5...1,5 км. Также уменьшаются затраты на монтаж станции и анодов, которые могут быть подпочвенными. Благодаря небольшой мощности станции уменьшается потребляемый электрический расход. Данный способ имеет недостатки, которые проявляются в ненадежности работы высоковольтного оборудования на открытом воздухе, а также в сложности преобразования напряжения из 10 кВ в 220 В при небольшой установленной мощности. Сервисное обслуживание такого способа подразумевает работу на высоте, что несет определенные риски.

В рассматриваемом случае целесообразно использование точно распределенных анодов, устанавливаемых вблизи линий электропередач. От действующих станций катодной защиты по столбам существующей линии электропередач проводится кабель к установленным анодам.

К достоинствам такого метода относятся минимальные вложения в реконструкцию, использование электрической мощности существующей станции катодной защиты, причем потребляемая станцией мощность снизится за счет уменьшения выходных режимов. Технологическая схема электрохимзащиты (ЭХЗ) с протяженно распределенными анодами позволяет увеличить длину защитной зоны по сравнению со схемой катодной защиты с сосредоточенными анодами, а также обеспечивает более равномерное распределение защитного потенциала. При применении технологической схемы ЭХЗ с протяженно распределенными анодами могут использоваться различные схемы размещения анодных заземлений [10]. Наиболее простой является схема с анодными заземлениями, равномерно установленными вдоль газопровода (рис. 3).

Таким образом, с технологической и экономической позиций наиболее целесообразным является применение штатных систем защиты или установка дополнительных анодов с возможностью автоматизированного регулирования. Система автоматизированного контроля и управления режимами работы системы защиты газопровода разработана эксплуатирующей организацией ПАО "Газпром Чайковский". Создан программно-аппаратный комплекс "Подсистема контроля и управления средствами защиты от коррозии", которая успешно прошла приемные испытания в марте 2019 г. в филиале Мышкинского отделения ПАО "Газпром трансгаз Ухта" и была рекомендована к применению в ПАО "Газпром Чайковский" как средство информационного обеспечения и технического сопровождения бизнес-процесса "Защита от коррозии".

Данная система предназначена для осуществления процесса управления средствами противокоррозионной защиты (прежде всего, системами

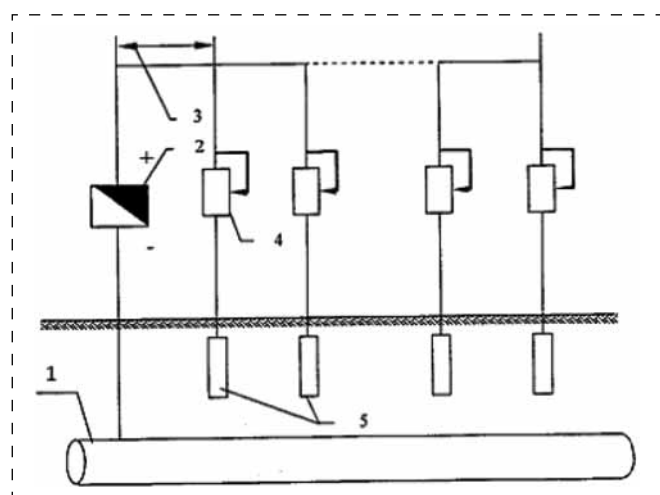


Рис. 3. Схема электрохимзащиты с анодными заземлениями: 1 — газопровод; 2 — станция катодной защиты (источник постоянного тока); 3 — соединительная линия постоянного тока; 4 — регулировочные сопротивления; 5 — анодные заземлители

электрохимической защиты) в функции поддержания заданных параметров системы в контрольных точках сбора, архивирования и обработки контролируемых параметров системы защиты от коррозии в целях анализа и прогнозирования изменения коррозионного состояния защищаемых трубопроводов и сооружений.

Система организации электрохимзащиты включает:

- устройства контроля параметров защиты и скорости коррозии;
- средства сбора и передачи информации;
- средства дистанционного регулирования режимов оборудования ПК;
- блоки аналитики, хранения, обработки и визуализации данных;
- блок сопряжения со смежными информационными системами;
- блок коррозионного мониторинга;
- модуль мониторинга параметров работы оборудования;
- стационарный модуль сбора данных;
- блоки передачи данных в различных средах и на основе различных телекоммуникационных технологий;
- мобильный модуль сбора данных;
- программно-аппаратный комплекс сбора, анализа, визуализации и хранения данных мониторинга.

Основными функциями системы коррозионного мониторинга являются:

- прием и накопление оперативной информации от средств защиты, включенных в систему дистанционного мониторинга (телеизмерение и телесигнализация);
- накопление эксплуатационной информации ручного ввода (экранные формы ввода и прием данных с планшетов);
- дополнение электронной базы данных новыми данными согласно установленным формам и шаблонам для интеграции информации и последующей их обработки (сервис для импорта данных);
- анализ текущих параметров системы противокоррозионной защиты и контроль соответствия регламентированному уровню (состоянию) (с возможностью настройки правил контроля);
- дистанционную регулировку (корректировку) эксплуатационных режимов оборудования системы телеуправления;
- контроль параметров системы ПКЗ после корректировки эксплуатационных режимов (оперативное телеизмерение).

Заключение

В ходе эксплуатации средств электрохимзащиты происходит уменьшение переходного сопротивления глубинных анодных заземлений, что приводит



к значительному падению напряжения на аноде. Вследствие этого происходит увеличения выходного напряжения для поддержания защитных потенциалов, что приводит к существенному перерасходу электроэнергии. Для компенсации данного процесса до окончания запланированного срока службы производят установку новых глубинных анодных заземлений, что влечет за собой большие материальные затраты, а также отведения новых земельных площадей.

Ожидаемый эффект со стороны технических результатов заключается в получении количественной оценки коррозионного и технического состояния газопровода для определения целесообразности его восстановления.

Список литературы

1. **Агиней Р. В.** Разработка методов повышения эффективности противокоррозионной защиты объектов газотранспортной системы: учебное пособие. Ухта: ВНИИГАЗ, 2009. 118 с.
2. **Коротич И. К.** Теоретическая обработка металлов: учебное пособие. М.: Metallurgiya, 2007. 480 с.
3. **Кузьбожев А. С.** Оптический микроанализ структуры металла трубопроводов: учебное пособие. Ухта: УГТУ, 2010. 126 с.
4. **Лучкин Р. С.** Коррозия и защита металлических материалов: учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. 289 с.
5. **Мальцева Г. Н.** Коррозия и защита оборудования от коррозии: учебное пособие. Пенза: УДК, 2001. 81 с.
6. **Румянцева В. Е.** Процессы коррозионной деструкции и защиты металлов: учебное пособие. Иваново: ИВГПУ, 2016. 156 с.
7. **Кузнецов Ю. И.** Коррозия: материалы, защита // Наука и технология. 2003. № 3. С. 29–31.
8. **Северина Л. Н.** Повышение эффективности электрохимической защиты нефтегазопроводов при гетерогенности состояния защитных покрытий и условий прокладки: учебное пособие. Ухта: ВНИИГАЗ, 2009. 118 с.
9. **Журавлев Д. Б., Жуков А. В., Давыдов Д. Г.** Локализация повреждений изоляционных покрытий трубопроводов // Журнал ТехНадзор. 2014. № 3(88). С. 12–16.
10. **Копытин В. Е.** Особенности расчета параметров катодной защиты с эластомерами электродами анодного заземления протяженного типа // Теория Нефтегаз. 2005. № 2. С. 19–23.

R. R. Zakirova, Associate Professor, e-mail: raushany@inbox.ru,
N. F. Svintsova, Associate Professor, Udmurt State University, Izhevsk

Improving the Protection of the Gas Pipeline from Corrosion in PAO Gazprom Transgaz Tchaikovsky

Results of flaw detection with detection of defects of longitudinal orientation (zones of longitudinal cracks) are presented. The object of the study is a corrosive process, at the Yamburg—Yelets-2 PAO Gazprom Transgaz Tchaikovsky UAVR 1. During the inspection, 1238 defects were detected. These include longitudinal grooves, dents, abnormal seams, etc. During the corrosion analysis, a high corrosion score was obtained at the Yamburg—Yelets-2. The use of localized distributed anodes near power lines is advisable. A cable to installed anodes is carried out from the active cathodic protection stations along the pillars of the existing power line. The advantages of this method include minimal investment in the reconstruction, use of the electric power of an existing cathodic protection station, wherein the power consumed by the station will be reduced by the reduction of output modes. During the operation of the electrochemical protection, the transitional resistance of the deep anode groundings is reduced, resulting in a significant drop in voltage on the anode.

Keywords: corrosion process, flaw detection, cathode protection station, electrical protection, pipelines, anodic grounding

References

1. **Aginej R. V.** Razrabotka metodov povysheniya effektivnosti protivokorroziionnoj zashchity ob'ektov gazotransportnoy sistemy: uchebnoe posobie. Uhta: VNIIGAZ, 2009. 118 p.
2. **Korotich I. K.** Teoreticheskaya obrabotka metallov: uchebnoe posobie. Moscow: Metallurgiya, 2007. 480 p.
3. **Kuz'bozhev A. S.** Opticheskij mikroanaliz struktury metalla tru-boprovodov: uchebnoe posobie. Uhta: UGTU, 2010. 126 p.
4. **Luchkin R. S.** Korroziya i zashchita metallicheskih materialov: uchebnoe posobie. Tol'yatti: Izd-vo TGU, 2017. 289 p.
5. **Mal'ceva G. N.** Korroziya i zashchita oborudovaniya ot korrozii: uchebnoe posobie. Penza: UDK, 2001. 81 p.
6. **Rumyanceva V. E.** Processy korrozionnoj destrukcii i zashchity me-tallov: uchebnoe posobie. Ivanovo: IVGPU, 2016. 156 p.
7. **Kuznecov Yu. I.** Korroziya: materialy, zashchita. *Nauka i tekhnologiya*. 2003. No. 3. P. 29–31.
8. **Severinova L. N.** Povyshenie effektivnosti elektrohimpzashchity neftegazoprovodov pri geterogennosti sostoyaniya zashchitnyh pokrytij i uslovij prokladki: uchebnoe posobie. Uhta: VNII-GAZ, 2009. 118 p.
9. **Zhuravlev D. B., Zhukov A. V., Davydov D. G.** Lokalizaciya povrezhdenij izolyacionnyh pokrytij truboprovodov. *Zhurnal TekhNadzor*. 2014. No. 3 (88). P. 12–16.
10. **Kopytin V. E.** Osobennosti rascheta parametrov katodnoj zashchity s elastomerami elektrodami anodnogo zazemleniya protyazhennogo tipa. *Teoriya Neftgaz*. 2005. No. 2. P. 19–23.

УДК 331.45

К. Р. Идрисова, канд. техн. наук, доц.,
Р. Р. Муратова, магистрант, e-mail: radmila212121@gmail.com,
К. О. Назарова, магистрант, e-mail: nazarova.ko@mail.ru, Уфимский
государственный нефтяной технический университет

Преимущества строительства высокотехнологичных мини-НПЗ в удаленных нефтепромысловых регионах России

Рассмотрены преимущества мини-НПЗ по сравнению с крупными нефтеперерабатывающими заводами с точки зрения промышленной безопасности. Проведен анализ исследуемого вопроса исходя из масштабов эксплуатации мини-НПЗ и крупных нефтеперерабатывающих заводов, уровня автоматизации производственного процесса, схемы взаимодействия объектов в процессе производственного цикла. Дана характеристика функционирования мини-НПЗ, их общие преимущества и основные преимущества в области промышленной безопасности. Приведены данные анализа преимуществ эксплуатации мини-НПЗ: автоматизация производства, современная система управления промышленной безопасностью и охраной труда.

Ключевые слова: промышленная безопасность, пожарная безопасность, охрана труда, экологическая безопасность, автоматизация производства, дистанционное управление, нефтегазовая отрасль, нефтеперерабатывающий завод, мини-НПЗ

Введение

Производственная безопасность на предприятиях, в том числе в нефтегазовой отрасли, имеет важное значение, так как от эффективности деятельности в этой области зависит безопасность производственного процесса, уровень здоровья работников и эффективность системы охраны труда, а также экологическая безопасность на прилегающей территории. Особое внимание уделяется развитию мини-НПЗ, их строительству и дальнейшей эксплуатации [1]. Мини-НПЗ предназначены для ведения первичных процессов переработки сырья, таких как реформинг, гидрокрекинг, термокрекинг, битумное производство, а также для ведения вторичных процессов переработки сырья, например, таких как термический крекинг мазута. Преимуществами мини-НПЗ является то, что их оборудуют нефтеперерабатывающими атмосферными трубчатыми установками. С помощью такого оборудования есть возможность получать дизельное топливо, мазут и в небольшом количестве — низкооктановый бензин.

Если проанализировать участие мини-НПЗ в совместном обороте нефтепродуктов на рынке, то следует отметить, что ключевым продуктом, производимым таким предприятием, является дизельное топливо, основные покупатели которого предприятия сельского хозяйства и промышленности. В настоящее время дизельное топливо производится на третьей части всех мини-НПЗ, а доля его в полном объеме выпускаемого дизельного топлива достигает 2,5 % [2]. В Российской Федерации введены в эксплуатацию

и динамично функционируют около 32 мини-НПЗ, которые преимущественно сосредоточены в северных районах страны.

Цель исследования: проанализировать преимущества и недостатки мини-НПЗ и провести анализ их развития в будущем, а также рассмотреть вопросы, насколько опасна эксплуатация мини-НПЗ? В какой степени эксплуатация мини-НПЗ безопаснее крупных НПЗ?

Объекты и методы

Деятельность мини-НПЗ, как и крупных нефтеперерабатывающих заводов направлена на переработку сырья и получение прибыли. Мини-НПЗ представляет собой промышленное предприятие, основным видом деятельности которого является переработка нефти (в бензин, мазут, дизельное топливо) общим объемом, как правило, не превышающим одного миллиона тонн сырья в год.

Мини-НПЗ — это производственный комплекс, состоящий из нефтеперерабатывающей установки (далее установка), емкостного и насосного парка, сливо-наливных эстакад, котельной, системы спутникового обогрева трубопроводов, зданий и сооружений для размещения персонала и оборудования, систем управления технологическими процессами, систем противоаварийной защиты, факельной установки, систем надежного энергообеспечения, систем сбора и утилизации промышленных отходов, ремонтной службы, установки пожаротушения, лаборатории контроля качества продукции.

Для обеспечения промышленной безопасности установка снабжается следующими системами: противоаварийной автоматической защиты, предупреждающей возникновение аварийных ситуаций; автоматического контроля и регулирования параметров технологического процесса; продувки аппаратов азотом.

Эксплуатация мини-установок, как правило, в отдаленных регионах, связана с факторами, усложняющими проведение значительного перечня работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, в связи с чем к установкам должны применяться достаточно жесткие требования по надежности. Надежность влияет и на безопасность эксплуатации, потому что выход из строя практически любого элемента вызывает необходимость экстренной ее остановки. Основные аппараты установок изготавливаются из легированных сталей. В условиях отсутствия постоянного контроля качества поступающего сырья (в отличие от крупных установок) — это является надежной защитой от воздействия хлористых солей и серосодержащих соединений, имеющихся в нефти.

При проектировании установок предусматриваются дублирующие функции, например, перекачивающие насосы ставят парами — один из насосов всегда находится в резерве на случай выхода из строя основного насоса. Установки комплектуют стальной герметичной трубопроводной арматурой, не требующей обслуживания во время всего срока ее эксплуатации.

Мини-НПЗ как и крупные заводы отличаются высокой степенью автоматизации производственного процесса, использования современного оборудования, а также высокой квалификацией специалистов конкретной направленности в области нефтепереработки. Все нормы и правила промышленной безопасности на мини-НПЗ также соблюдаются, как и на крупных нефтеперерабатывающих заводах, в частности: безопасность производственных процессов, охрана труда и наличие средства индивидуальной защиты, экологическая безопасность [3, 4].

Обобщенная схема объектов на мини-НПЗ представлена на рис. 1.

Мини-НПЗ является упрощенной формой своих крупных собратьев, что с точки зрения надежности является фактором, делающим строительство и эксплуатацию мини-НПЗ более выгодным явлением. Небольшой размер мини-НПЗ позволяет сократить расходы на транспортировку нефти с месторождения на нефтеперерабатывающие заводы и обратную транспортировку полученных нефтепродуктов из этой нефти для использования в данном регионе. Иными словами, строя мини-НПЗ рядом с месторождениями, можно обеспечивать само месторождение и близлежащие регионы нефтепродуктами. Самое

главное — это то, что их строительство не требует большого количества дополнительных магистральных трубопроводов и дорогостоящей перекачки нефти от месторождения до заводов, осуществляющих переработку нефти и доставку нефтепродуктов в области, где оно добывается.

Следует также отметить, что сокращение протяженности магистральных трубопроводов позволяет обеспечивать безопасность тех территорий, по которым должны были проходить трассы трубопроводов. Расходы можно снизить не только за счет строительства магистральных нефтепроводов, но и за счет расходов на обслуживание, аварийные, капитальные ремонты, а также сокращения выездов аварийно-восстановительных бригад при возникновении аварийных ситуаций.

Как правило, разлив нефти и нефтепродуктов при разрушении трубопроводов происходит на свободную территорию с последующим загрязнением значительных площадей, гибели флоры и фауны. А работы по ликвидации аварий и последующему восстановлению и реабилитации загрязненных территорий требуют больших затрат, кроме того, наносят значительный урон окружающей среде.

Если проанализировать каждую стадию жизненного цикла крупного и мини-НПЗ, то можно отметить, что достоинств у мини-НПЗ много. Одним из основных преимуществ мини-НПЗ перед крупными нефтеперерабатывающими заводами является короткий срок проектирования и дальнейшего строительства. В частности, время, затраченное на поиск земли, согласование объекта, его возведения и последующего ввода в эксплуатацию, в значительной

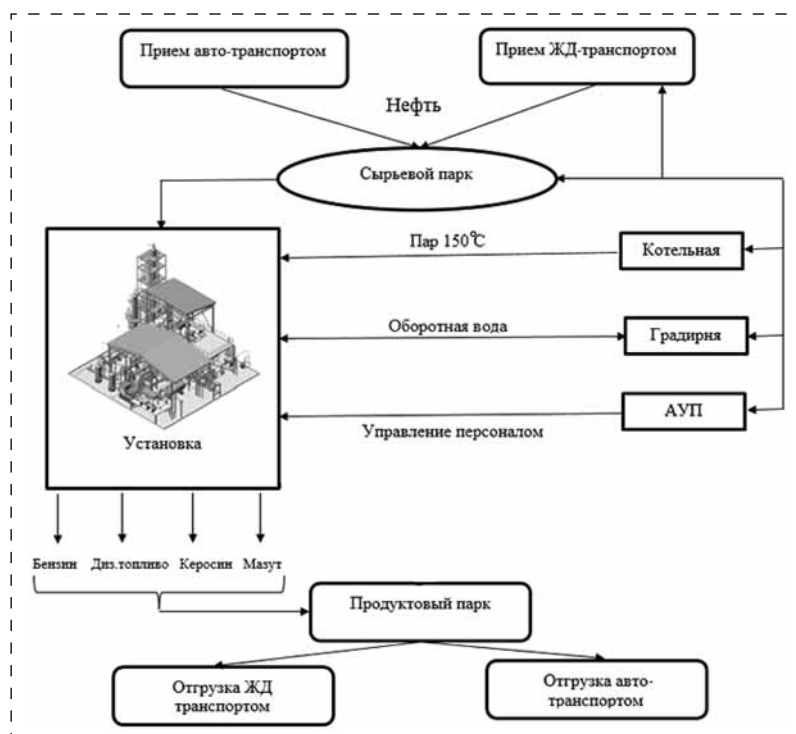


Рис. 1. Схема объектов на мини-НПЗ

степени меньше, чем при строительстве крупного НПЗ. В среднем на строительство мини-НПЗ требуется около 2—3 лет. При этом строительство крупного НПЗ занимает как минимум 5—6 лет, а иногда может достигать 10 лет. Продолжительное, затяжное строительство требует больших расходов, что тоже экономически не выгодно.

Определить место и площадку под строительство мини-НПЗ гораздо легче, чем найти место и площадку под строительство крупного НПЗ. Меньший участок земли для мини-завода и, как следствие, более быстрый этап согласования аренды земли и эксплуатации на данном участке, а также более быстрая и четкая система работы в области экологической безопасности (сохранение качества почвы, воды, прилегающей территории). Меньше полевых работ и, как следствие, снижение штата сотрудников на их выполнение. Образующиеся в процессе выполнения производственного цикла на мини-НПЗ отходы проще утилизировать, чем на крупных заводах. По причине небольших объемов отходов воды есть возможность ее очищать и возвращать в природу или же использовать на вторичных циклах, что тоже экономически выгодно для предприятия.

По результатам проведенного анализа можно сказать, что мини-НПЗ являются экономически наиболее выгодными, так как затраты будут меньше, несмотря на то что их проектная производительность меньше. В свою очередь, для небольшого объекта, из-за небольшой мощности требуется использование меньшего количества внешних ресурсов, таких как электроэнергия, вода, газ и др. как в процессе выполнения производственного цикла, так и в целом в деятельности мини-НПЗ.

Мини-НПЗ имеют преимущество перед крупным заводом и с точки зрения управления. На крупных нефтеперерабатывающих заводах, как правило, имеется множество различных цехов, отделов и подразделений, которыми управляет огромный управленческий аппарат. Тем самым из-за длительного процесса согласования, принятия срочных и важных решений разными отделами на разных уровнях на крупных НПЗ возможность возникновения аварий либо инцидентов значительно возрастает. Для предотвращения возможности наступления потенциальной аварии на крупном нефтеперерабатывающем заводе потребуется гораздо больше времени, нежели на мини-НПЗ. В свою очередь, мини-НПЗ сосредоточены в основном на выполнении процессов с обращением небольших объемов вредного и опасного вещества, поэтому требуется меньше обслуживающего персонала.

Одной из основных причин возникновения аварий на объектах нефтеперерабатывающих заводов является ошибка персонала [5]. Статистика основных причин возникновения аварий на объектах нефтеперерабатывающей промышленности представлена на рис. 2.

Поэтому небольшое количество персонала на мини-НПЗ, во-первых, позволяет подобрать более квалифицированный персонал, во-вторых, мера ответственности персонала становится выше, т. е. один работник целиком отвечает за какой-либо процесс, а не

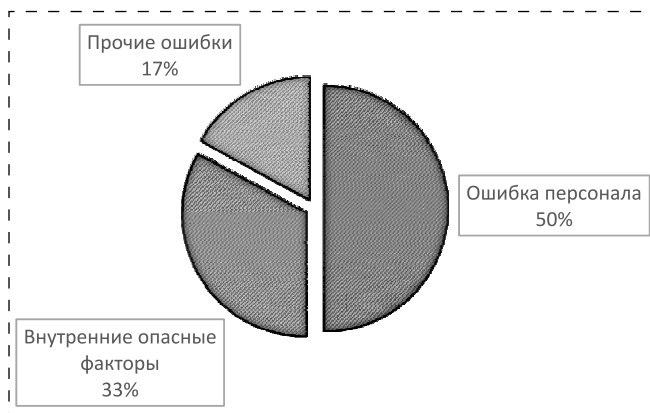


Рис. 2. Основные причины возникновения аварий на объектах нефтеперерабатывающей промышленности

делегировать полномочия, тем самым не разделяет ответственность со всеми остальными службами и отделами предприятия. Иначе говоря, работник будет относиться серьезнее к своим обязанностям, ибо в случае возникновения аварии отвечать будет этот работник и вся ответственность будет возложена на него, и полагаться на другие службы он не сможет. Это должно значительно снизить количество аварий из-за ошибки персонала при обслуживании технологического оборудования.

Также следует отметить, что множество служб на крупных НПЗ требует обширного документооборота и если этот документооборот не в полной мере отлажен, то могут быть задержки при передаче информации, в точности при передаче приказов, распоряжений и иной важной информации, что может привести к неприятным последствиям. На небольшом производстве чаще всего такие проблемы не возникают. В случае необходимости реагирование и влияние на производственные процессы происходит более оперативно, чем на крупном заводе.

Но есть и проблемы в работе мини-НПЗ. Ведь чем меньше организация, тем меньше надзора и контроля за их деятельностью со стороны надзорных органов. Мини-НПЗ, как правило, обычно относятся ко 2-му классу опасности. Если предприятие небольшое и находится в отдаленном регионе, то на таком предприятии может не выполняться полноценный надзор и контроль. Но в настоящее время наблюдается тенденция того, что большинство предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты, начинают серьезно подходить к проблемам обеспечения производственной безопасности, организации стараются снизить уровень травматизма и минимизировать число возможных аварий и инцидентов.

Заключение

В итоге можно отметить, что преимущество мини-НПЗ перед крупными нефтеперерабатывающими заводами заключается в их эффективной системе управления промышленной безопасностью, которая обеспечивает мониторинг состояния процессов системы, а также оперативное устранение возникающих проблем. Также наблюдается снижение негативного



воздействия на окружающую природную среду, в том числе и на особо охраняемых территориях.

Основываясь на финансово-экономических расчетах можно утверждать, что мини-НПЗ могут полностью обеспечивать регионы, где они расположены, нефтепродуктами, соответственно и затрат на транспортировку нефтепродуктов до крупного нефтеперерабатывающего завода и обратно не будет.

Список литературы

1. **Чернышева Е. А.** Малые НПЗ — база для развития новых технологий // Электронный журнал Neftegaz.RU. 2009.

2. **Турукалов М.** Специфика работы мини-НПЗ: какие нефтепереработчики выживут после принятия техрегламента по бензинам // Электронный журнал Нефтегазовая Вертикаль. 2008.
3. **Приказ Ростехнадзора** от 15.12.2020 № 534 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" (Зарегистрированный в Минюсте России 29.12.2020 № 61888).
4. **Ярмин А. А., Конев А. М.** Промышленная безопасность при эксплуатации мини-НПЗ // Вестник науки и образования. 2016. Вып. 2. С. 15—17.
5. **Журавлев А. В., Холодова С. Н.** Факторы и причины возникновения и развития аварий на объектах нефтепродуктообеспечения // Безопасность техногенных и природных систем. 2019. Вып. 6. С. 10—15.

K. R. Idrisova, Associate Professor, **R. R. Muratova**, Graduate Student,
e-mail: radmila212121@gmail.com,

K. O. Nazarova, Graduate Student, e-mail: nazarova.ko@mail.ru,
Ufa State Petroleum Technological University

Advantages of Building High-Tech Mini Oil Refineries Plants in Remote Oilfield Regions of Russia

The article considers with advantages of mini oil refinery plants over large ones in view of industrial security. The analyze is made proceeding from operation scales of mini and large oil refinery plants, industrial process automation level, objects interaction in production cycle. There is the characteristic of operation, general advantages of mini oil refinery plants and advantages for industrial security. Authors cover the issue from the following points of view: industrial automation, safety management system, occupational safety. As well authors deal with possibilities for the future development of mini oil refinery plants in regards to industrial security and its advantages over large ones.

The aim of the article is development possibilities of mini oil refinery plants in relation with safety. Theoretical part comprehends normative — legislative acts and standards of industrial safety, labor protection, and environmental safety at the oil and gas entities. Summing up the results, it can be concluded that the results of research shows advantages of mini oil refinery plants over large ones.

Keywords: industrial safety, fire protection, labor protection, environment safety, industrial automation, remote management, oil and gas industry, oil refinery plant, mini oil refinery plant

References

1. **Chernysheva E. A.** Small refineries are the basis for the development of new technologies. *Electronic journal Neftegaz.RU*. 2009.
2. **Turukalov M.** The specifics of the work of a mini-refinery: which oil refiners will survive after the adoption of technical regulations for gasoline. *Electronic journal Oil and Gas Vertical*. 2008.
3. **Order** of Rostekhnadzor dated 15.12.2020 No. 534 "On approval of federal norms and rules in the field of industrial

- safety" Safety rules in the oil and gas industry "(Registered with the Ministry of Justice of Russia on 29.12.2020 No. 61888).
4. **Yarmin A. A., Konev A. M.** Industrial safety during the operation of Mini-refineries. *Bulletin of Science and Education*. 2016. No. 2. P. 15—17.
5. **Zhuravlev A. V., Kholodova S. N.** Factors and causes of occurrence and development of accidents at oil product supply facilities. *Safety of technogenic and natural systems*. 2019. No. 6. P. 10—15.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2., оф. 45

Телефон редакции журнала 8 (499) 270-16-52, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Телефон главного редактора +7 (985) 364-29-77, e-mail: vl.aksenov@yandex.ru

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

Сдано в набор 28.12.21. Подписано в печать 28.02.22. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG322.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций.

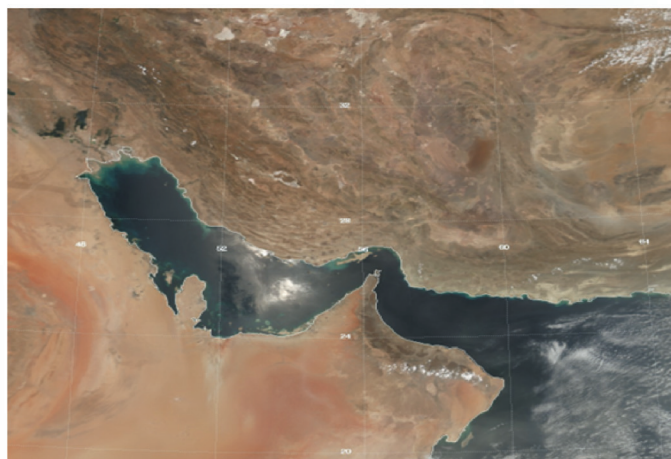
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансд солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансд солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

К статье Т. Д. Агаева

«ИССЛЕДОВАНИЯ
ТРАНСГРАНИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРЫ
КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОГО
РЕГИОНА ПЫЛЬНЫМИ БУРЯМИ
НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ
ДАННЫХ»



а)

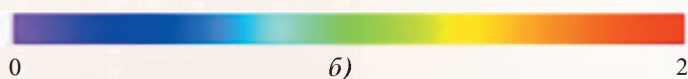
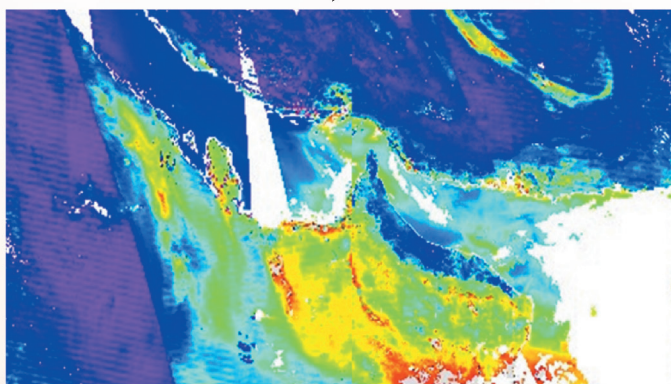
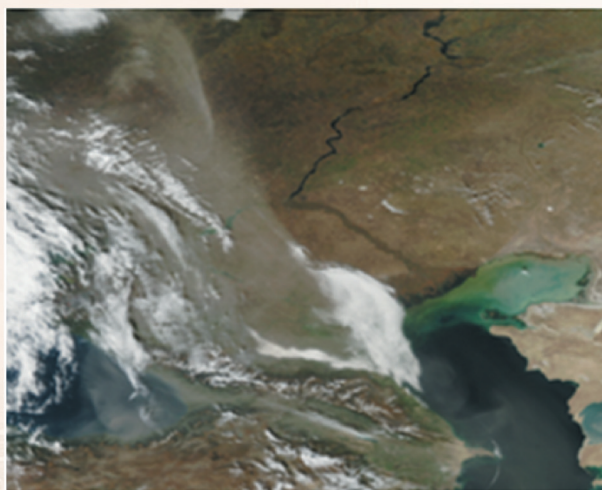


Рис. 4. Данные MODIS, 20 июня 2021 г. составное изображение гранул (RGB) уровень 1b (а); уровень 2 AOT(б) [11, 14]



а)

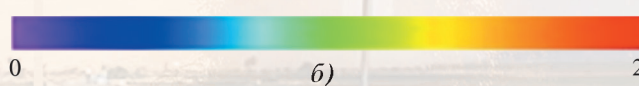
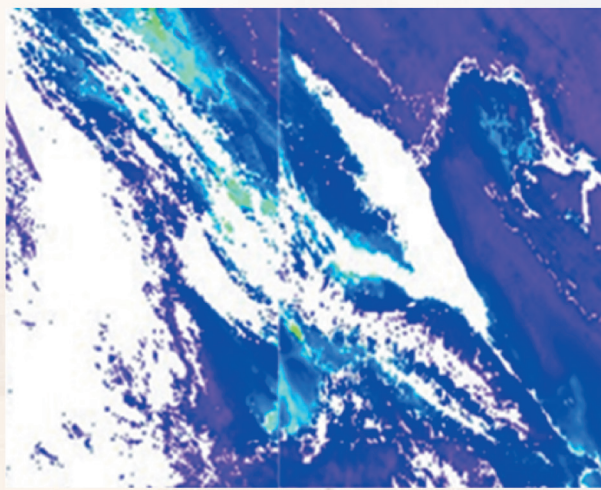


Рис. 5. Данные MODIS, 14 октября 2009 г. составное изображение гранул (RGB) уровень 1b (а); уровень 2 AOT(б) [11, 14]

К статье Т. Д. Агаева

«ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА ПЫЛЬНЫМИ БУРЯМИ
НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ»

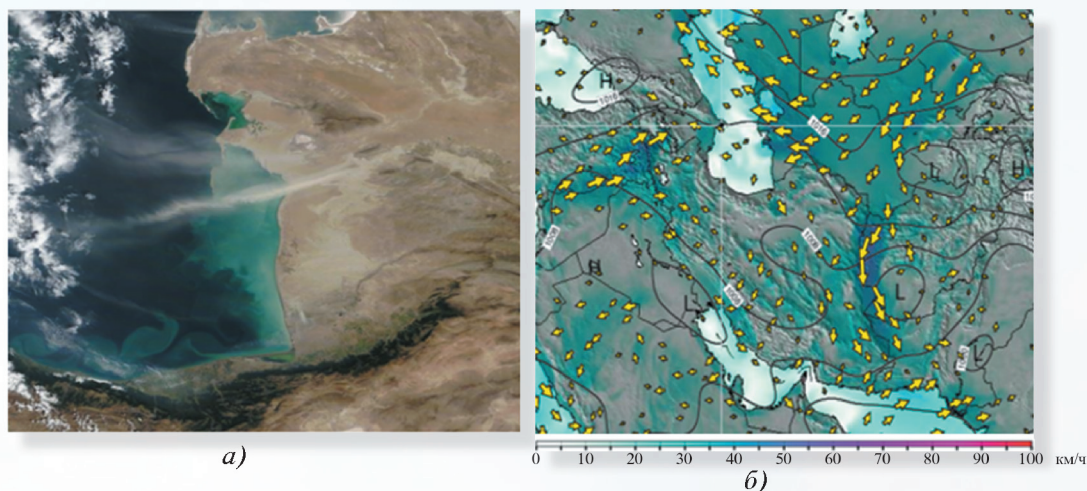


Рис. 6. Космический снимок распространения струй пыли над Каспийским морем (а), при восточном направлении ветра (б). Снимок с ИСЗ NASA, Terra, Spectroradiometer (MODIS). 07.09.2020 [11, 15]



Рис. 7. Пылевой туман в Баку и на Апшеронском полуострове. 12.08. 2021 [16]

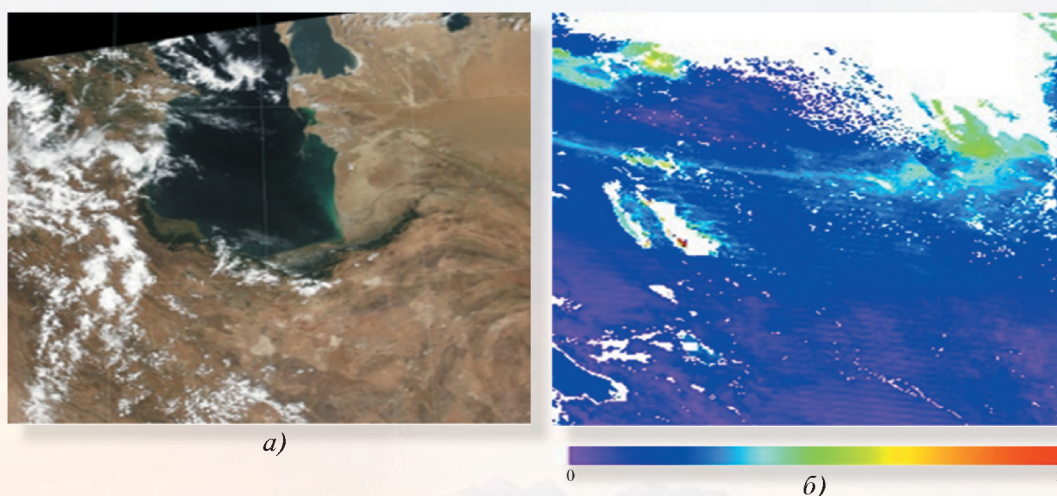


Рис. 8. Данные MODIS, 12 августа 2021 г. составное изображение гранул (RGB) уровень 1b (а); уровень 2 AOT(б) [11, 14]