

УДК 331.45

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
ЗАГАЗОВАННОСТИ НА ТРУБОПРОВОДАХ
СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR GAS CONTAMINATION
ON PIPELINES OF HYDROGEN SULFIDE-CONTAINING FIELD**

Р.Ф. Мамбетов, В.М. Кушнаренко, И.В. Ефремов

**Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург, Российская Федерация**

И.Ф. Хафизов

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

Rinat F. Mambetov, Vladimir M. Kushnarenko, Igor V. Efremov

Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

Идар Ф. Khafizov

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

e-mail: mambetov.rf@mail.ru

Аннотация. В статье представлена автоматизированная система экологического мониторинга (АСЭМ) для проведения непрерывного мониторинга качества атмосферного воздуха на территории сероводородсодержащего месторождения и близлежащих населённых пунктов, систематизированного сбора, обработки, хранения и представления результатов мониторинга, а также доведения информации до надзорных органов, МЧС и населения, проживающего в зоне

воздействия опасных промышленных объектов в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

АСЭМ представляет собой единый аппаратно-программный комплекс, состоящий из стационарных станций экологического мониторинга (ССЭМ), передвижных экологических лабораторий, сети датчиков контроля загазованности на трубопроводах, аэрологического поста, технических средств оповещения, средств передачи данных, серверов и автоматизированных рабочих мест пользователей.

Система контроля загазованности (СКЗ) на трубопроводах предназначена для непрерывного автоматического контроля газовоздушной среды.

СКЗ обеспечивает детектирование выбросов/утечек сероводорода, способных оказать негативное воздействие на здоровье персонала предприятия, подрядных организаций, а также окружающую среду сероводородсодержащего месторождения.

Контроль загазованности по превышению предельно допустимых концентрация по сероводороду предусматривается: на каждом узле запорной и регулирующей арматур, на узлах запуска и приема очистных поршней, на узлах врезки.

Непрерывный контроль воздушной среды является одним из основных средств обеспечения безопасности работающих, позволяющий обеспечить как раннее обнаружение возможных аварийных ситуаций, связанных с выбросами вредных веществ в атмосферу, так и создание здоровых санитарно-гигиенических условий труда персонала.

В качестве первичных приборов по загазованности по сероводороду смонтированы газоанализаторы стационарные со сменными сенсорами взрывозащищенные ССС-903, предназначены для непрерывного контроля загазованности воздуха рабочей зоны объектов нефтяной и газовой промышленности. Газоанализаторы обеспечивают высокий уровень противоаварийной защиты и соответствие методов контроля

загазованности на объекте эксплуатации современным требованиям обеспечения безопасности и надежности.

АСЭМ применяется с целью эффективного обеспечения промышленной и экологической безопасности на сероводородсодержащем месторождении.

Abstract. The article presents the Automated Environmental Monitoring System (AEMS) for continuous monitoring of atmospheric air quality in the territory of a hydrogen sulfide-containing field and nearby settlements, systematic gathering, treatment, storage and presentation of monitoring results, as well as bringing information to supervisory authorities, the Ministry of Emergencies and the population living in the area of exposure to hazardous industrial facilities in case of emergency.

AEMS is a unified hardware and software complex consisting of stationary environmental monitoring stations (SEMS), mobile environmental laboratories, a network of sensors for monitoring gas contamination in pipelines, an aerological station, warning equipment, data transmission devices, servers, and user workstations.

The Gas Monitoring System (GMS) on pipelines is designed for continuous automatic control of the gas-air environment.

GMS provides the detection of emissions / leaks of hydrogen sulfide, which can have a negative impact on the health of the personnel of the enterprise, contractors, as well as the environment of the hydrogen sulfide-containing field.

The gas hazard monitoring by exceeding the maximum permissible concentration of hydrogen sulfide is provided: at each block and control valve station, at the pig launching and receiving units, at tie-in sections.

Continuous monitoring of the air environment is one of the main means of ensuring the safety of workers, which allows both rapid detection of possible emergency situations associated with the emission of harmful substances into the atmosphere and the creation of healthy sanitary and hygienic working conditions for personnel.

Stationary explosion-proof gas analyzers with replaceable sensors CCC-903, designed for continuous monitoring of gas pollution in the working zone of oil and gas industry facilities, were installed as primary devices for gas contamination by hydrogen sulfide. Gas analyzers provide a high level of emergency protection and the compliance of gas pollution control methods at the facility with modern safety and reliability requirements.

AEMS is used to effectively ensure industrial and environmental safety at a hydrogen sulfide-containing field.

Ключевые слова: мониторинг; воздушная среда; атмосферный воздух; сероводородсодержащее месторождение; оперативная информация; программно-технический комплекс; подсистема; режим; система контроля загазованности; автоматический контроль газовоздушной среды

Key words: monitoring; air; atmospheric air; hydrogen sulfide-containing field; operational information; software and hardware complex; subsystem; mode; gas contamination control system; automatic gas-and-air environment control

В соответствии с Федеральным законом [1], трубопроводы, технологическое оборудование и резервуары, эксплуатируемые на нефтепромыслах, относятся к опасным производственным объектам. Принятие федеральных законов [1–3] способствовало появлению многочисленных нормативно-методических разработок и документов, касающихся вопросов промышленной и экологической безопасности. Внедрение систем контроля загазованности на объектах обустройства месторождений предусматривается «Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [4].

Для предупреждения загрязнения воздушной среды на месторождении и в близлежащих населенных пунктах, а также оповещения населения о газовой опасности смонтирована Автоматизированная система

экологического мониторинга (АСЭМ) [5]. АСЭМ предназначена для проведения непрерывного мониторинга качества атмосферного воздуха на территории сероводородсодержащего месторождения и близлежащих населённых пунктов, систематизированного сбора, обработки, хранения и представления результатов мониторинга, а также доведения информации до надзорных органов, МЧС и населения, проживающего в зоне воздействия опасных промышленных объектов в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (рисунок 1).



Комплекс ПТ АСЭМ – комплекс программный технический автоматизированной системы экологического мониторинга; СЭМ – станция экологического мониторинга; СКЗ – система контроля загазованности; ПЭЛ – передвижная экологическая лаборатория; СНС – системы нейтрализации выбросов сероводорода; ПАЗ – система противоаварийной защиты; КТСО – комплекс технических средств оповещения о газовой опасности

Рисунок 1. Автоматизированная система экологического мониторинга

Система представляет собой единый аппаратно-программный комплекс, состоящий из стационарных станций экологического мониторинга (ССЭМ), передвижных экологических лабораторий, сети датчиков контроля загазованности, аэрологического поста, технических средств оповещения, средств передачи данных, серверов и автоматизированных рабочих мест пользователей.

Система создана с целью эффективного обеспечения экологической безопасности на сероводородсодержащем месторождении за счет:

- автоматического контроля состояния качества атмосферного воздуха в масштабе времени, близком к реальному;
- повышения оперативности проведения анализа и оценки результатов экологического мониторинга, и, как следствие, увеличения скорости принятия решений на всех уровнях управления, подвергающихся автоматизации;
- автоматического решения расчетно-аналитических задач, включая моделирование распространения загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе и предупреждение неблагоприятных для населения состояний качества атмосферного воздуха;
- оперативного доведения информации до вовлеченных структурных подразделений и руководства компании в случае необходимости осуществления действий с их стороны;
- оперативного доведения информации до надзорных органов, МЧС и оповещения населения, проживающего в зоне воздействия опасных промышленных объектов, с целью минимизации рисков в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;
- улучшения повышения информативности экологических данных за счет программных средств визуализации, графического и табличного представления информации;
- снижения трудозатрат на формирование отчетной документации с результатами экологического мониторинга.

АСЭМ предназначена для комплексной автоматизации обеспечения процессов деятельности эксплуатирующей организации в части исполнения следующих процессов:

– осуществления контроля за состоянием атмосферного воздуха на сероводородсодержащем месторождении и в населенных пунктах, расположенных в зоне влияния производственных объектов эксплуатирующей организации и прилегающих к нему районов;

– полного и достоверного учета оперативной информации по состоянию атмосферного воздуха на сероводородсодержащем месторождении и в населенных пунктах, расположенных в зоне влияния производственных объектов эксплуатирующей организации, а также состоянию станций экологического мониторинга, передвижных экологических лабораторий и датчиков загазованности;

– систематического сбора ежесуточной оперативной информации по состоянию атмосферного воздуха на сероводородсодержащем месторождении и в населенных пунктах, расположенных в зоне влияния производственных объектов эксплуатирующей организации, поступающей от структурных подразделений, СЭМ, ПЭЛ, датчиков загазованности и в соответствии с нормативными документами и установленной отчетностью;

– непрерывного круглосуточного сбора, накопления и хранения оперативной информации о состоянии атмосферного воздуха на сероводородсодержащем месторождении и в населенных пунктах, расположенных в зоне влияния производственных объектов эксплуатирующей организации, а также состоянии станций экологического мониторинга, передвижных экологических лабораторий и датчиков загазованности;

– координации работ цехов, служб, подрядных организаций при выполнении работ, связанных с выбросом загрязняющих веществ в окружающую среду, выполнения этих работ при получении предупреждения об ожидаемых неблагоприятных метеорологических

условиях и при получении информации о загрязнении атмосферного воздуха (превышение предельно допустимой концентрации (ПДК));

- координации действий всех подразделений совместно с Центральной инженерно-технологической службой в условиях чрезвычайной ситуации;

- формирования и предоставления информации по установленным формам отчетности и в установленные сроки;

- выполнения прогнозных задач распространения загрязняющих веществ в окружающей среде при превышении допустимых концентраций.

АСЭМ имеет функционально и территориально распределенную структуру, включающую сеть ССЭМ, ПЭЛ, сеть датчиков контроля загазованности и программно-технические комплексы, согласованно управляющие всеми процессами автоматизированного сбора, обработки, хранения и представления данных непрерывных измерений параметров качества атмосферного воздуха и метеопараметров и состояния оборудования.

АСЭМ состоит из:

- комплекса технических средств (КТС), включающего измерительные средства, аппаратное обеспечение ПО;

- программного обеспечения.

- Измерительные средства АСЭМ предназначены для выполнения непрерывных автоматических измерений в приземном слое атмосферного воздуха массовых (или объемных) концентраций загрязняющих веществ, а также метеорологических параметров и выделяются по функциональному назначению:

- станции СЭМ – для непрерывного контроля качества (с заданной метрологической точностью) атмосферного воздуха на границе территории населенных пунктов, находящихся в зоне потенциального воздействия объектов сероводородсодержащего месторождения;

– ПЭЛ – для мобильного контроля качества атмосферного воздуха в подфакельных зонах с учетом изменяющейся метеорологической обстановки;

– датчики контроля загазованности – для контроля выбросов и утечек на трубопроводах;

– мини СЭМ – для сбора актуальной ситуации по метеоусловиям и содержание сероводорода в воздухе, в зоне потенциального воздействия объектов сероводородсодержащего месторождения.

По функциональному назначению в системе выделены следующие подсистемы.

Подсистема сбора данных предназначена для систематизированного сбора, сохранения данных измерительного комплекса, информации о работе станций в системе, а также мониторингу состояния оборудования, перебоев и ошибок в сборе данных.

Геоинформационная подсистема предназначена для сбора, обработки и хранения пространственных данных по объектам Системы, а также для выполнения пространственных операций над ними.

Подсистема ситуационный центр предназначена для автоматического анализа результатов экологического мониторинга атмосферного воздуха, автоматизированного решения расчетно-аналитических задач, включая задачи моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Подсистема обработки и анализа данных предназначена для обеспечения поддержки принятия решений благодаря многоуровневому анализу собранных данных.

Подсистема администрирования предназначена для управления конфигурациями всех подсистем АСЭМ, позволяет разграничить доступ для разных групп пользователей системы, как к определенным ее функциям, так и к отображаемым данным. Кроме того, подсистема предназначена для протоколирования действия пользователя.

Подсистема обмена данными предназначена для формирования интерфейсов и выборок данных с целью обмена с внешними информационными системами, а также загрузки нормативно-справочной и прочей информации в АСЭМ для нормального ее функционирования.

Подсистема ведения нормативно-справочной информации предназначена для ведения собственных справочников, а также автоматической синхронизации справочников с внешними информационными системами.

Информационный обмен между подсистемами АСЭМ, составляющими их компонентами и модулями осуществляется в следующих режимах:

- эпизодически по команде пользователя;
- периодически по заданному расписанию;
- по запросу одного из модулей или компонентов подсистем АСЭМ.

В рамках реализации Подсистемы обмена данными обеспечено информационное взаимодействие со следующими внешними системами:

- Автоматизированной системой диспетчерского контроля и управления;
- Станциями экологического мониторинга;
- Автоматизированной системой оперативного диспетчерского управления сероводородсодержащего месторождения.

Для Системы определены следующие режимы функционирования:

- штатный режим (режим, обеспечивающий выполнение функций Системы);
- сервисный режим (режим для проведения реконfigurирования, обновления и профилактического обслуживания);
- аварийный режим.

Основным режимом функционирования Системы является штатный режим функционирования. В штатном режиме обеспечена круглосуточная доступность функций Системы 7 дней в неделю (24 x 7).

Для обеспечения штатного режима функционирования Системы необходимо соблюдать требования и выдерживать условия эксплуатации программного обеспечения, указанные в соответствующих технических документах (техническая документация, инструкции по эксплуатации и т.д.).

Сервисный режим функционирования используется для выполнения операций подготовки и проведения испытаний или настройки подсистем, входящих в состав Системы. В данном режиме Система в целом и/или отдельные подсистемы, входящие в состав Системы, становятся недоступными для пользователей. В данном режиме осуществляется техническое обслуживание, реконфигурация, модернизация аппаратно-программного комплекса и совершенствование подсистем, входящих в состав Системы. Режим позволяет проводить диагностирование инцидентов или проблем, связанных со сбоями или авариями в работе Системы, а также устранять аварийные ситуации.

Система обеспечивает переход в аварийный режим того узла Системы, на котором произошел отказ инфраструктурных компонент или подсистем, входящих в состав Системы, при отсутствии резервных компонент (процессоров, серверов, хранилищ, телекоммуникационного оборудования и т.д.). Узел Системы переходит в аварийный режим при возникновении нештатной ситуации и невозможности его штатной работы. В случае перехода узла Системы в аварийный режим, Система выдаёт соответствующее сообщение обслуживающему персоналу, который переводит Систему в сервисный режим.

В [5] рассмотрен инцидент, в результате которого была установлена (смонтирована) автоматизированная система контроля загазованности окружающей среды на системе транспорта нефти и газа для обнаружения и контроля выбросов/утечек, которая интегрируется в систему обеспечения газовой безопасности сероводородсодержащего месторождения.

Система контроля загазованности на трубопроводах предназначена для непрерывного автоматического контроля газовой среды на объектах сероводородсодержащего месторождения.

СКЗ обеспечивает детектирование выбросов/утечек сероводорода, способных оказать негативное воздействие на здоровье персонала предприятия, подрядных организаций, а также окружающую среду.

Основными задачами СКЗ являются:

- определение превышения концентрации сероводорода в газовой среде над заданными (пороговыми) значениями. Детектирование выбросов сероводорода в непосредственной близости от потенциального источника аварийного выброса;

- передача сигнала о газовой опасности в органы управления технологическими процессами, обеспечивающие задействование средств противоаварийной защиты (клапаны-отсекатели), а также сил и средств ликвидации аварий;

- включение предупреждающей и аварийной световой и звуковой сигнализации на специализированных постах, расположенных на стойках у подъездных путей/входа на технологическую площадку.

Системы контроля загазованности строятся на основе газосигнализаторов (датчиков) электрохимического типа, что определяет ряд их особенностей:

- определение концентрации в диапазонах предельно допустимых концентраций сероводорода в воздухе рабочей зоны (1–10 мг/м³). ПДК р.з. сероводорода в воздухе в рабочей зоне – 10 мг/м³; в смеси с углеводородами – 3 мг/м³ [6];

- непрерывность измерений, короткое время установления показаний и, как следствие, оперативность детектирования выброса;

- компактность, возможность использования во взрывозащищенном исполнении, возможность размещения в непосредственной близости от источников аварийного выброса;

– невысокая, относительно других средств экологического мониторинга (станций экологического мониторинга), стоимость датчиков. Возможность построения насыщенной разветвленной мониторинговой сети.

В результате оценки достаточности существующей сети газосигнализаторов СКЗ определено, что одним из основных направлений повышения ее эффективности является понижение порога срабатывания датчика, позволяющее детектировать большее количество выбросов сероводорода, обладающих изначально низкой интенсивностью выброса или допороговой концентрацией сероводорода в точке детектирования (в результате рассеивания в атмосферном воздухе).

По трубопроводам транспортируется попутный нефтяной газ, с содержанием сероводорода в смеси с углеводородами. Контроль загазованности по превышению ПДК (H_2S -сероводород) предусматривается: на каждом узле запорной и регулирующей арматур, на узлах запуска и приема очистных поршней, на узлах врезки.

Непрерывный контроль воздушной среды является одним из основных средств обеспечения безопасности работающих, позволяющий обеспечить как раннее обнаружение возможных аварийных ситуаций, связанных с выбросами вредных веществ в атмосферу, так и создание здоровых санитарно-гигиенических условий труда персонала.

В качестве первичных приборов по загазованности по сероводороду смонтированы газоанализаторы ССС-903М, с диапазоном измерения $0-10 \text{ мг/м}^3$ с порогом сигнализации превышения ПДК (H_2S -сероводород): 1 порог – 1 мг/м^3 – предупредительная сигнализация, 2 порог – 3 мг/м^3 – аварийная сигнализация.

Газоанализаторы стационарные со сменными сенсорами взрывозащищенные ССС-903 предназначены для непрерывного контроля загазованности воздуха рабочей зоны объектов нефтяной, газовой, химической и др. промышленных отраслей и обеспечивают высокий

уровень противоаварийной защиты и соответствие методов контроля загазованности на объекте эксплуатации современным требованиям обеспечения безопасности и надежности.

Комплекс АСЭМ как информационный центр системы предупреждения загрязнения воздушной среды на сероводородсодержащем месторождении обеспечивает решение широкого спектра задач, которые условно могут быть разделены на следующие группы:

– *информационно-поисковые задачи:*

- автоматизированное формирование различных выборок данных, создание информационных справок и отчетов в табличном виде по точке контроля, определенному показателю, промежутку времени и иным фильтрам на основе существующих в базе данных атрибутов;

- построение по точкам контроля диаграмм с отображением динамики концентраций (временных трендов данных) по выбранным пользователем показателям;

- построение накопительных диаграмм с отображением количества зарегистрированных случаев превышения показателя за выбранный промежуток времени по точке контроля (срабатывание датчиков загазованности или по результатам экологического мониторинга);

– *задачи непрерывного мониторинга:*

- автоматический анализ поступающих данных (результатов производственного экологического мониторинга) на соответствие природоохранным (гигиеническим) или иным заданным нормативам; информирование пользователя в случае их превышения посредством специальных всплывающих окон (с указанием коэффициентов превышения) и звуковых сигналов;

- автоматическое информирование пользователей по результатам срабатывания датчиков контроля загазованности посредством

специальных всплывающих окон (с указанием уровня порога) и звуковых сигналов.

– *расчетно-аналитические задачи:*

- моделирование полей концентрации загрязняющих веществ для постоянно действующих в штатном технологическом режиме источников выбросов по их характеристикам и фиксируемым средствами станций экологического мониторинга и аэрологического поста условиям метеорологической обстановки;

- моделирование полей концентраций ЗВ, определение благоприятных метеоусловий и временных рамок для выполнения плановых технологических работ, связанных с залповыми выбросами (отжиг газа при испытаниях скважин, стравливание при ремонте и т.д.);

- идентификация аварийных событий, расчетная оценка мощности аварийного выброса опасного химического вещества (ОХВ), моделирование динамики движения облака ОХВ, расчет зон токсического поражения;

- ранжирование и определение с учетом метеоусловий наиболее вероятного источника выброса (при отсутствии данных об осуществлении регламентного выброса и фиксации превышения заданных (нормативных) значений в точке контроля). Определение случаев превышений заданных (нормативных) значений и параметров метеоусловий, при которых источник загрязнения не может находиться в зоне ответственности Общества («загрязнение атмосферного воздуха, вызванное третьими лицами»);

- прогнозирование (по заранее согласованным алгоритмам) возникновения неблагоприятных состояний качества атмосферного воздуха (выявление устойчивых трендов данных, свидетельствующих о возрастании и приближении измеряемых концентраций загрязняющих веществ к пороговым значениям; определение комбинаций факторов и

условий, приводящих к повышенному загрязнению атмосферного воздуха).

– задачи картографической поддержки:

- отображение электронной карты-схемы промышленных объектов с источниками выбросов, точками размещения измерительных средств, границами населенных пунктов;

- визуализация на карте-схеме моделей рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

- отображение точек автоматического мониторинга и их цветовая индикация в режиме реального времени в зависимости от степени соответствия измеряемых параметров заданным (нормативным) значениям.

В систему поступает информация от:

- стационарных станций экологического мониторинга, обеспечивающих непрерывный контроль качества атмосферного воздуха на границе населенных пунктов, находящихся в зоне потенциального воздействия объектов сероводородсодержащего месторождения;

- системы контроля загазованности: датчиков контроля загазованности, обеспечивающих контроль выбросов и утечек на трубопроводах;

- аэрологического поста, обеспечивающего измерение профилей температуры, контроль повторяемости категорий устойчивости атмосферы, контроля возникновения, развития и разрушения температурных инверсий;

- передвижных экологических лабораторий, предназначенных для мобильного контроля качества атмосферного воздуха в подфакельных зонах с учетом изменяющейся метеорологической обстановки;

- автоматической системы управления технологическими процессами (информация о технологическом режиме оборудования, аварийных событиях).

Выводы

1. Представлена система автоматического контроля атмосферного воздуха для совершенствования способов повышения безопасности производственного оборудования, технологических процессов, вспомогательных операций, условий труда работников с целью обеспечения промышленной и экологической безопасности при нештатных ситуациях.

2. АСЭМ предназначена для проведения непрерывного мониторинга качества атмосферного воздуха на территории сероводородсодержащего месторождения и близлежащих населённых пунктов, систематизированного сбора, обработки, хранения и представления результатов мониторинга, а также доведения информации и до надзорных органов, МЧС и населения, проживающего в зоне воздействия опасных промышленных объектов в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Список используемых источников

1. Федеральный закон N 116-ФЗ от 21.07.1997 (ред. от 29.07.2018). О промышленной безопасности опасных производственных объектов. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/6e24082b0e98e57a0d005f9c20016b1393e16380 (дата обращения: 15.09.2019).

2. Федеральный закон N 68-ФЗ от 21.12.1994 (ред. от 03.08.2018). О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=5295-15&rnd=8E6D4896F137DE233E60F13905D6600E&req=doc&base=LAW&n=320014&REFDOC=5295&REFBASE=LAW#229347rq9n0> (дата обращения: 18.09.2019).

3. Федеральный закон N 184-ФЗ от 27.12.2002 (ред. от 29.07.2017). О техническом регулировании. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=40241#08488186825077013> (дата обращения: 05.09.2019).

4. Приказ Ростехнадзора N 101 от 12.03.2013 (ред. от 12.01.2015). Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-12032013-n-101-ob> (дата обращения: 19.09.2019).

5. Мамбетов Р.Ф., Кушнарченко В.М., Репях В.С. Анализ причины отказа трубопровода транспорта сероводородсодержащего газа и система контроля загазованности на трубопроводах сероводородсодержащего месторождения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе 2019. № 5. С. 22-26. DOI: 10.33285/2411-7013-2019-5(290)-22-26.

6. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71829532> (дата обращения: 20.09.2019).

References

1. *Federal'nyi zakon N 116-FZ ot 21.07.1997 (red. ot 29.07.2018). O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov* [Federal Law No. 116-FZ of 21.07.1997 (edited on 29.07.2018). On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/6e24082b0e98e57a0d005f9c20016b1393e16380/ (accessed 15.09.2019). [in Russian].

2. *Federal'nyi zakon N 68-FZ ot 21.12.1994 (red. ot 03.08.2018). O zashchite naseleniya i territorii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogenogo kharaktera* [Federal Law No. 68-FZ of 21.12.1994 (Edited on 03.08.2018). About Protection of the Population and Territories from Emergency Situations of Natural and Technogenic Character]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=5295-15&rnd=8E6D4896F137DE233E60F13905D6600E&req=doc&base=LAW&n=320014&REFDOC=5295&REFBASE=LAW#229347rq9n0> (accessed 18.09.2019). [in Russian].

3. *Federal'nyi zakon N 184-FZ ot 27.12.2002 (red. ot 29.07.2017). O tekhnicheskoy regulirovaniy* [Federal Law No. 184-FZ of 27.12.2002 (Edited on 29.07.2017). On Technical Regulation]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=40241#08488186825077013> (accessed 05.09.2019). [in Russian].

4. *Prikaz Rostekhnadzora N 101 ot 12.03.2013 (red. ot 12.01.2015). Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v neftyanoi i gazovoi promyshlennosti»* [The Order of Rostekhnadzor No. 101 of 12.03.2013 (edited on 12.01.2015). About the Approval of Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety «Safety Rules in the Oil and Gas Industry»]. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-12032013-n-101-ob/> (accessed 19.09.2019). [in Russian].

5. Mambetov R.F., Kushnarenko V.M., Repyakh V.S. Analiz prichiny otkaza truboprovoda transporta serovodorodsoderzhashchego gaza i sistema kontrolya zagazovannosti na truboprovodakh serovodorodsoderzhashchego mestorozhdeniya [Analysis of a Failure of the Pipeline Transporting Hydrogen Sulfide Gas and a Gas Contamination Control System at the Pipelines of the Deposits Containing Hydrogen Sulphide]. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse – Environment Protection in Oil and Gas Complex*, 2019, No. 5, pp. 22-26. DOI: 10.33285/2411-7013-2019-5(290)-22-26 [in Russian].

6. GN 2.2.5.3532-18. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) vrednykh veshchestv v vozdukhke rabochei zony* [Hygienic Standard 2.2.5.3532-18. Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Harmful Substances in the Air of the Working Area]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71829532> (accessed 20.09.2019). [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Мамбетов Ринат Фларидович, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

Rinat F. Mambetov, Senior Lecturer of Life Safety Department, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

e-mail: mambetov.rf@mail.ru

Кушнаренко Владимир Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры механики материалов, конструкций и машин, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

Vladimir M. Kushnarenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Mechanics of Materials, Structures and Machines Department, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

e-mail: vmkushnarenko@mail.ru

Ефремов Игорь Владимирович, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

Igor V. Efremov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Life Safety Department, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

e-mail: ephremov56@yandex.ru

Хафизов Ильдар Фанилевич, д-р техн. наук, профессор кафедры
«Пожарная и промышленная безопасность», УГНТУ, г. Уфа, Российская
Федерация

Ildar F. Khafizov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Fire and
Industrial Safety Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: ildar.hafizov@mail.ru