

Особенности аналитического контроля вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов

А.Д. Бадикова¹, И.Г. Ибрагимов¹, Н.А. Бейгул^{1, 2}, Л.К. Каримова², С.Р. Сахибгареев¹, И.А. Хусаинова¹, Я.М. Сахибгареева³, Н.А. Мулдашева²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

²Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Уфа, Россия

³Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. На объектах магистрального трубопроводного транспорта поступление химических веществ в воздух рабочей зоны может негативно влиять на организм работников, что обуславливает необходимость постоянного контроля за их содержанием. Отсутствие в имеющихся нормативных документах четко сформулированных критериев по выбору конкретных вредных химических соединений для их контроля, особенно в случае, если они представляют собой многокомпонентную смесь, вносит определенные трудности в идентификацию загрязнителей в воздухе рабочей зоны. Наличие критериев позволит работодателю правильно составить производственную программу, определить периодичность лабораторного исследования для получения достоверной информации о потенциальном вредном воздействии химических веществ на работников и своевременно провести мероприятия по предупреждению их негативного влияния.

Цель. Обоснование перечня вредных веществ для аналитического контроля за их содержанием в воздухе рабочей зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.

Материал и методы. Качественный и количественный анализ воздуха рабочей зоны проведен на 12 нефтеперекачивающих станциях и 5 нефтепродуктоперекачивающих станциях, расположенных на территории России.

Результаты. Методом хромато-масс-спектрометрии установлен состав газовой воздушной среды, образующейся в результате испарения нефти, что позволило определить перечень вредных химических веществ для дальнейшего планового аналитического контроля за их содержанием в воздухе рабочей зоны. Для обязательного контроля в качестве приоритетных загрязнителей выбраны наиболее опасные и преобладающие в газовых смесях вещества с учетом их физико-химических и токсических свойств, класса опасности, наличия и численного значения предельно допустимой концентрации (ПДК). Анализ результатов количественного химического анализа проб воздуха, отобранных на нефтеперекачивающих станциях в местах возможного их выделения, показал, что в зависимости от вида и характера выполняемых персоналом технологических операций средние значения максимально разовых концентраций предельных углеводородов C_2 – C_{10} находились в пределах 0,1–0,7 ПДК, диgidросульфида в смеси с углеводородами — 0,2–1,2 ПДК, бензола — 0,1–0,8 ПДК. В воздухе рабочей зоны нефтепродуктоперекачивающих станций содержание бензина составило 0,2–2,1 ПДК, керосина — 0,1–1,0 ПДК, бензола — 0,1–0,3 ПДК. При ликвидации последствий аварий работники подвергались более длительному и интенсивному воздействию вредных веществ, содержание которых возрастало в 3–5 раз. Диагностированные хронические заболевания верхних дыхательных путей у работников основных профессий имеют среднюю степень связи с условиями труда (RR — 1,9, EF — 48,5%).

Заключение. Отбор проб должен проводиться в местах с наибольшей вероятностью газовыделений в воздушную среду. При транспортировке нефти необходимо установить строгий аналитический контроль на рабочих местах за содержанием алифатических предельных углеводородов C_2 – C_{10} , диgidросульфида в смеси с углеводородами, бензола в воздушной среде, при перекачке нефтепродуктов — бензола, бензина или керосина, то есть в зависимости от вида транспортируемого нефтепродукта. Качественно проведенный аналитический контроль за загрязнителями воздуха рабочей зоны позволит обеспечить безопасные условия труда и снизить у работников риски развития профессиональных заболеваний химической этиологии, а также

хронических заболеваний верхних дыхательных путей. Предложенные критерии могут быть использованы при определении контингента для прохождения периодических медицинских осмотров и объемов клинико-лабораторных исследований, что позволит минимизировать риски нарушения здоровья работников от воздействия химического фактора.

Ключевые слова: вредные химические вещества; воздух рабочей зоны; аналитический контроль; условия труда; магистральный трубопроводный транспорт; нефть; нефтепродукты.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Бадикова А.Д., Ибрагимов И.Г., Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Сахибгареев С.Р., Хусаинова И.А., Сахибгареева Я.М., Мулдашева Н.А. Особенности аналитического контроля вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов // Экология человека. 2024. Т. 30. № 11. С. XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

Статья поступила: 30.01.2024

Статья одобрена: 26.03.2024

Опубликована online: 08.04.2024

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International License

© Эко-Вектор, 2024

Features of analytical monitoring of harmful chemicals in the air of the working area of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products

A.D. Badikova¹, I.G. Ibragimov¹, N.A. Beigul^{1, 2}, L.K. Karimova², S.R. Sahibgareev¹, I.A. Khusainova¹, Y.M. Sakhibgareeva³, N.A. Muldasheva²

¹Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

²Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, Ufa, Russia

³Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: At main pipeline transport facilities, the entry of chemicals into the air of the working area can negatively affect the body of workers, which necessitates the need for constant monitoring of their content. The absence in the existing regulatory documents of clearly formulated criteria for the selection of specific harmful chemical compounds for their control, especially if they are a multicomponent mixture, introduces certain difficulties in identifying pollutants in the air of the work area. The presence of criteria will allow the employer to correctly draw up a production program, determine the frequency of laboratory testing to obtain reliable information about the potential harmful effects of chemicals on workers and timely take measures to prevent their negative effects.

AIM: Justification of the list of harmful substances for analytical monitoring of their content in the air of the working area of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products.

MATERIAL AND METHODS: Qualitative and quantitative analysis of the air in the working area was carried out at 12 oil pumping stations and 5 oil product pumping stations located in Russia.

RESULTS: Using chromatography-mass spectrometry, the composition of the gas-air environment formed as a result of oil evaporation was determined, which made it possible to determine a list of harmful chemicals for further planned analytical monitoring of their content in the air of the working area. For mandatory control, the most dangerous and predominant substances in gas mixtures were selected as priority pollutants, taking into account their physicochemical and toxic properties, the hazard class of the substance, the presence and numerical value of the maximum permissible concentration.

Analysis of the results of quantitative chemical analysis of air samples taken at oil pumping stations in places of possible release showed that the average values of the maximum single concentrations of saturated hydrocarbons C_2-C_{10} were in the range of 0.1–0.7 MAC, dihydrosulfide mixed with hydrocarbons — 0.2–1.2 MPC, benzene — 0.1–0.8 MPC depending on the type and nature of technological operations performed by personnel. In the air of the working area of oil product pumping stations, the content of gasoline was 0.2–2.1 MPC, kerosene — 0.1–1.0 MPC, benzene — 0.1–0.3 MPC. When eliminating the consequences of accidents, workers were exposed to longer and more intense exposure to harmful substances, the content of which increased up to 3–5 times.

Diagnosed chronic diseases of the upper respiratory tract in workers of main professions have an average degree of connection with working conditions (RR — 1.9, EF — 48.5%).

CONCLUSION: Sampling should be carried out in places with the highest probability of gas emissions into the air. When transporting oil, it is necessary to establish strict analytical control at workplaces over the content of aliphatic saturated hydrocarbons C_2-C_{10} , dihydrosulfide mixed with hydrocarbons, benzene in the air, when pumping petroleum products — benzene, gasoline or kerosene, i.e. depending on the type of petroleum product transported. High-quality analytical monitoring of air pollutants in the work area will ensure safe working conditions and reduce the risks of developing occupational diseases of chemical etiology, as well as chronic diseases of the upper respiratory tract in workers.

The proposed criteria can be used in determining the populations to undergo periodic medical examinations and the volume of clinical and laboratory tests, which will minimize the risks of health problems for workers from exposure to chemical factors.

Keywords: harmful chemicals; working area air; analytical control; working conditions; main pipeline transport; oil; petroleum products.

TO CITE THIS ARTICLE:

Badikova AD, Ibragimov IG, Beigul NA, Karimova LK, Sahibgareev SR, Khusainova IA, Sakhibgareeva YM, Muldasheva NA. Features of analytical monitoring of harmful chemicals in the air of

the working area of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;30(11):XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

Received: 30.01.2024

Accepted: 26.03.2024

Published online: 08.04.2024

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License

© Eco-Vector, 2024

Accepted for publication

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективным средством транспортировки нефти и в несколько меньшем объеме нефтепродуктов являются магистральные трубопроводы, в состав которых входят сеть трубопроводов, перекачивающие станции и резервуарные парки. Значительная протяжённость магистральных трубопроводов обуславливает наилучшую доступность поставок нефти и нефтепродуктов для потребителей внутри России и других стран [1–3]. В зарубежных странах основные объёмы нефти и нефтепродуктов также транспортируют по трубопроводам [3].

Несмотря на то что транспортировка по трубопроводам является одним из наиболее безопасных методов, при их эксплуатации возможны чрезвычайные ситуации техногенного характера в виде возможных разливов нефти и нефтепродуктов [3]. Основной причиной утечек и аварий является внешняя и внутренняя коррозия трубы, обусловленная физическим износом и моральным старением оборудования [3–7]. Имеющиеся в литературе данные отечественных и зарубежных учёных свидетельствуют о негативном влиянии последствий разлива нефти и нефтепродуктов на объекты окружающей среды, прежде всего на почву, воду и животный мир [1–3, 8–12]. Экологические последствия аварий на трубопроводах при транспортировке топлива напрямую зависят от объема разлитого продукта [3].

С целью обеспечения надёжной транспортировки нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации на участках трубопроводов, объектах нефте- и нефтепродуктоперекачивающих станций и в резервуарных парках ведётся непрерывная модернизация производственных мощностей, которая включает замену определённых участков труб на трассах, реконструкцию резервуаров, установку современных электродвигателей и магистральных насосных агрегатов, обновление задвижек и т.д. [6, 13, 14]. Несмотря на постоянную планомерную работу в этом направлении, изношенность производственных фондов ещё остается значимой, что периодически влечет за собой возникновение эпизодов загрязнения техногенного характера воздушной среды, воды и почвы.

С учётом высокого риска негативных экологических последствий аварийных ситуаций на трубопроводах, по мнению ряда авторов, необходимо повышать уровень технического обслуживания и его контроля [3, 4].

При эксплуатации и обслуживании трубопроводов работники могут подвергаться рискам воздействия вредных веществ, загрязняющих как воздух рабочей зоны, так и воздушную среду открытых территорий [15].

Поступление химических соединений в воздушную среду действующих объектов магистрального трубопроводного транспорта происходит при их испарении в процессе хранения нефти и нефтепродуктов через негерметичные соединения, а также при сливно-наливных операциях и плановых газоопасных работах. Существенное загрязнение вредными химическими веществами возникает, как правило, в результате аварийных ситуаций на трубопроводной инфраструктуре [1, 16]. Инциденты и аварийные ситуации, к которым относят утечку нефти и нефтепродуктов в результате разгерметизации трубопроводов, возгорание нефти и нефтепродуктов при разливах, возникают нечасто, однако их последствия наносят существенный вред окружающей среде и негативно влияют на организмы работников, участвующих в их ликвидации [15].

Воздействие высоких концентраций многокомпонентной смеси предельных ароматических, в меньшей степени непредельных углеводородов оказывает выраженное раздражающее и общетоксическое действие. При очень высоких концентрациях у человека наблюдается потеря сознания, отёк лёгких и даже смерть [17–20]. Необходимо отметить, что работы, посвящённые исследованию воздушной среды рабочей зоны на объектах магистрального трубопровода, единичны [21].

Отсутствие в имеющихся нормативных документах чётко сформулированных критериев по выбору конкретных вредных химических соединений для контроля за их содержанием, особенно в случаях, если они представляют собой многокомпонентную смесь, вносят определенные трудности при идентификации загрязнителей в воздухе рабочей зоны объектов магистральных трубопроводов. Наличие критериев позволило бы работодателю установить соответствующий мониторинг вредных химических веществ в воздушной среде производственного объекта. В этой связи актуальным является рассмотрение подходов к аналитическому контролю на содержание вредных веществ воздушной среды объектов, задействованных в транспортировке нефти и нефтепродуктов. При выборе приоритетных загрязнителей рекомендуем использовать такие критерии и показатели, как физико-химические свойства вещества (в частности, летучесть), класс опасности химического вещества (I–IV), наличие и численное значение предельно допустимой

концентрации (ПДК максимально разовой и/или среднесменной) и особенности воздействия вредного химического вещества на организм работника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 12 нефтеперекачивающих станциях (НПС) пяти нефтепроводных управлений, расположенных на территории России и осуществляющих трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. При транспортировке нефтепродуктов осуществляли аналитический контроль за содержанием химических веществ в воздухе рабочих зон 5 нефтепродуктоперекачивающих станций (НППС).

Отбор проб воздуха рабочей зоны, их хранение и консервацию осуществляли согласно нормативным документам, применяемым при количественном химическом анализе соответствующих веществ.

Количественный химический анализ проб газовой среды, образующейся в результате испарения нефти, проводили методом хромато-масс-спектрометрии. Применяли газовый хромато-масс-спектрометр GCMS-QP2020 фирмы Shimadzu с капиллярной колонкой Rtx-5MS (длина колонки 60 м, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина неподвижной фазы 1,00 мкм). Использовали газ-носитель гелий со скоростью потока 1,3 мл/мин. Программирование температуры термостата колонки осуществляли достиганием температуры 40 °С в течение 3 мин с дальнейшим увеличением до 310 °С со скоростью 8 °С в минуту. Устанавливали следующие параметры работы масс-спектрального детектора: температура источника ионов — 200 °С, напряжение детектора — 0,88 kV, максимальная температура интерфейса — 200 °С.

Анализ проб воздуха рабочей зоны проводили с применением газового хроматографа, концентрационного фотоколориметра, мобильных газоанализаторов, выполненных во взрывопожаробезопасном исполнении, и индикаторных трубок в соответствии с требованиями нормативно-методических документов.

В исследованиях использовали средства измерения, входящие в перечень Государственного реестра средств измерения. Средства измерения метрологически аттестованы и прошли соответствующую государственную поверку специализированной организацией.

Оценку условий труда по уровню воздействия химического фактора проводили в соответствии с положениями руководства Р 2.2.2006-05 [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сложный состав нефти и нефтепродуктов, включающих в себя достаточно широкий спектр химических соединений: алканы (парафины), алкены (олефины), циклоалканы (нафтенy), ароматические углеводороды (бензол, алкилбензолы), полициклические ароматические углеводороды (нафталин, флуарен, фенантрен, антрацен, пирен, бенз(а)пирен и др.), нефтяные смолы, асфальтены и другие [23, 24], предопределяет при их испарении образование многокомпонентной газовой смеси.

В газовой смеси, образованной при испарении нефти, методом хромато-масс-спектрометрии провели определение химических соединений, входящих в её состав. В образце газовой смеси идентифицировали 98 химических веществ (рис. 1).

Показано, что основными компонентами газовой смеси, образованной при испарении нефти, являлись те же преобладающие химические соединения (табл. 1), что и в насыщенной фракции нефти.

В составе газовой смеси обнаружили наиболее летучие предельные алифатические углеводороды (алканы, изоалканы), циклоалканы, моноциклические ароматические углеводороды (бензол, алкилбензолы), алкены, а также полициклические ароматические углеводороды, алкины, спирты, кетоны и альдегиды.

Сопоставление площадей хроматографических пиков масс-спектров, которые, как принято считать, пропорциональны концентрации вещества, позволило оценить относительное содержание их в смеси. Установлено превалирование циклоалканов и предельных алифатических углеводородов (алканов, изоалканов) в данной газовой среде. Содержание моноциклических ароматических углеводородов (бензола, алкилбензолов) и алкенов в исследуемой газовой смеси несколько ниже. Полициклические ароматические углеводороды, спирты, алкины, альдегиды и кетоны содержались в пробе в незначительном количестве.

Поскольку химические соединения, выделяющиеся в воздушную среду рабочей зоны, образуют многокомпонентную смесь, то анализ каждого отдельного вещества может быть затруднен и

экономически невыгоден. Поэтому аналитический контроль проб воздуха как для целей производственного контроля, так и для специальной оценки условий труда в этом случае проводится по наиболее опасным и преобладающим характерным веществам данной воздушной смеси, для которых установлены соответствующие ПДК в воздухе рабочей зоны (максимально разовые и/или среднесменные).

В воздух рабочей зоны при нормальном функционировании объектов НПС могут поступать преимущественно вещества, обладающие большей летучестью. Аналогичная ситуация наблюдается и на НППС при перекачке соответствующих нефтепродуктов.

С учётом результатов хромато-масс-спектрометрического анализа исследованной газовой смеси при транспортировке нефти по магистральным трубопроводам аналитическому контролю в воздухе рабочей зоны подлежали алифатические предельные углеводороды C_2-C_{10} (суммарно), относящиеся к 4-му классу опасности химических веществ, и бензол, а также диgidросульфид (в смеси с углеводородами C_1-C_5), так как перекачиваемая нефть сернистая. Необходимо отметить, что последние являются более опасными, отнесены ко 2-му классу опасности химических веществ и имеют определенный характер действия на организм человека: диgidросульфид обладает остро направленным механизмом действия, бензол — канцерогенным (табл. 2).

При перекачке нефтепродуктов в воздушной среде объектов осуществляли плановый аналитический контроль за содержанием бензола, бензина или керосина, то есть в зависимости от вида транспортируемого нефтепродукта в момент исследования.

Для определения мест (точек) отбора проб воздуха составили перечень рабочих зон (помещения, объекты, территория), где работники выполняли свою профессиональную деятельность и в которых возможно воздействие на них вредных веществ. К ним отнесены насосные залы (магистральные, подпорные), электрозалы, насосные внутренних перекачек, маслонасосные, блок-боксы или здания регуляторов давления, блок-боксы системы сглаживания волн давления, резервуарные парки, производственные площадки и т.д.

С целью установления источников поступления вредных веществ в производственную среду выявляли элементы конструкции оборудования, через которые возможны выделения химических соединений в воздух. Ими могли быть конструктивные звенья, соединительные узлы основного оборудования станции: насосные агрегаты (магистральные и подпорные), резервуары, системы подводящих и распределительных трубопроводов, узлы учета и т.д.

Установлено, что качественный состав химического фактора, воздействующего на работников предприятий нефтепроводного транспорта, практически одинаков. Однако интенсивность воздействия вредных химических веществ на организм работающего персонала может существенно отличаться в зависимости от профессии работников и характера выполняемых ими работ.

Так, при нормально функционирующем оборудовании НПС и НППС, которые обслуживаются операторами, электромонтерами по ремонту и обслуживанию электрооборудования (дежурным), машинистами технологических насосов, машинистами технологических компрессоров, операторами товарными, в воздухе рабочих зон фиксировали максимально разовые концентрации вредных веществ, значения которых были значительно ниже соответствующих гигиенических нормативов (табл. 3, 4). В этом случае условия труда по химическому фактору для данных категорий работников оценивались как допустимые (класс 2).

В насосных залах НПС определялись концентрации предельных алифатических углеводородов в диапазоне $51,3-194,7 \text{ мг/м}^3$ и в среднем составили $86,2 \pm 17,9$ и $79,8 \pm 10,5 \text{ мг/м}^3$ соответственно при работе подпорных и магистральных насосов. В электрозалах концентрация предельных углеводородов была несколько ниже по сравнению с насосными залами — $50,5-104,9 \text{ мг/м}^3$ со средним значением максимально разовой концентрации $58,3 \pm 8,9 \text{ мг/м}^3$.

Количественный химический анализ проб воздуха, отобранных как в насосных, так и в электрозалах, на содержание диgidросульфида в присутствии углеводородов показал соответствие его концентрации установленным гигиеническим нормам. Максимальная концентрация диgidросульфида в смеси с углеводородами не превышала $1,1 \text{ мг/м}^3$ и в среднем составляла $0,9 \pm 0,4$ и $0,7 \pm 0,2 \text{ мг/м}^3$ соответственно в насосных помещениях с подпорными и магистральными насосными агрегатами и $0,6 \pm 0,1 \text{ мг/м}^3$ в электрозалах.

Содержание бензола в данных производственных помещениях находилось также в пределах нормируемой максимально разовой ПДК и колебалось в пределах от $1,8$ до $5,6 \text{ мг/м}^3$. Средние значения максимально разовых концентраций бензола составили в электрозале $2,1 \pm 0,4 \text{ мг/м}^3$, в насосных — $2,2 \pm 0,6$ и $2,7 \pm 0,5 \text{ мг/м}^3$.

Установлено, что на объектах НППС в процессе функционирования в воздух рабочей зоны поступали углеводороды, входящие в состав перекачиваемых нефтепродуктов. В насосных и электрозалах определялись пары бензина (углеводородов суммарно в пересчете на углерод) в максимально разовых концентрациях — от 50,6 до 177,4 мг/м³. Средние значения максимальных уровней бензина находились в пределах 101,9±22,3 и 92,1±14,1 мг/м³ соответственно в насосных и электрозалах. Содержание бензола в данных помещениях НППС достигало 0,6–2,1 мг/м³ и в среднем составляло 1,4±0,4 и 1,1±0,3 мг/м³ соответственно в насосных и электрозалах.

В период перекачки керосина в производственных помещениях НППС его максимальный уровень также соответствовал установленному гигиеническому нормативу и находился в диапазоне 66,1–187,7 мг/м³ со средним значением максимально разовой концентрации 98,7±18,2 и 74,5±11,8 мг/м³ соответственно в насосных и электрозалах.

Необходимо отметить, что в насосных внутренних перекачках, блок-боксах регуляторов давления и блок-боксах системы сглаживания волн давления фиксировались незначительные концентрации контролируемых веществ на объектах НПС и НППС.

В ходе исследований также выявили, что среднесменные концентрации контролируемых химических соединений в воздухе находились в пределах установленных значений среднесменных ПДК. Данные значения концентраций рассчитывали с учётом времени рабочей смены и временного периода непосредственного воздействия этих вредных веществ на организм работающих.

Кроме того, при штатном функционировании НПС и НППС в технологическом процессе имелись также производственные операции, в ходе которых фиксировали уровни вредных химических веществ, превышающие установленные для них ПДК. Отбор проб, дренаж технической воды из резервуара, сливно-наливные работы, выполнение которых производилось в короткий временной период, приводили к увеличению содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в концентрациях, превышающих их максимально разовые ПДК (см. табл. 3, 4).

Установлено, что в рабочей зоне оператора товарного при дренаже технической воды из резервуара для хранения сернистой нефти максимальная разовая концентрация дигидросульфида в смеси с углеводородами могла превышать ПДК до 1,1–1,6 раза. Это наблюдалось в 29–51% отобранных проб воздуха. В среднем кратность превышения ПДК составляла 1,2 раза (см. табл. 3).

При сливе-наливке и измерении уровня нефтепродукта в резервуаре оператор товарный подвергался воздействию паров бензина, содержание которого могло возрастать в 1,1–3,1 раза по сравнению с установленными нормами, что было характерно для 27–42% отобранных проб воздуха. При данных операциях в среднем максимальный уровень бензина в воздухе рабочей зоны составлял 394,5–630,0 мг/м³ с превышением максимально разовой ПДК в 1,3–2,1 раза (см. табл. 4). Концентрация керосина в воздушной среде при данных видах работ не фиксировалась выше максимального допустимого уровня.

Необходимо отметить, что при выполнении технологических операций, проводимых на открытом воздухе, значительную роль в величину кратности превышения гигиенических норм вносили метеорологические факторы. Скорость воздушного потока и его направление, температура, влажность окружающего воздуха могли приводить как к увеличению, так и уменьшению кратности превышения ПДК.

Во время аварийно-восстановительных работ непосредственно участвующие в ликвидации последствий аварий работники подвергались более длительному и интенсивному воздействию вредных веществ. При этом содержание химических соединений, выделяемых в воздух, возрастало в 3–5 раз. Мы установили, что пары вредных химических веществ, концентрации которых превышали максимально разовые ПДК при выполнении таких операций, затем достаточно быстро (около 5–15 мин) рассеивались потоками воздуха. В случае безветренной погоды или с низкой скоростью ветра высокие уровни загрязняющих веществ снижались до концентраций ниже ПДК через 35–55 мин.

В данных случаях класс условий труда работников по химическому фактору может быть оценен как вредный 1–2-й степени (классы 3.1–3.2) с учетом защиты временем и применения эффективных сертифицированных средств индивидуальной защиты, использование которых значительно снижает риск развития острых отравлений.

Необходимо отметить, что в ликвидации последствий аварий участвовали не только работники аварийно-восстановительных служб, но и достаточно широкий контингент работников других производственных подразделений трубопроводных управлений, имеющих соответствующий допуск на производство данных работ.

Следует отметить, что сотрудники ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» на протяжении многих лет проводят периодические медицинские осмотры работников данного предприятия, в ходе которых не выявили лиц с подозрениями на профессиональные заболевания. Вместе с тем у работников основных профессий (оператор НППС, оператор товарный, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (дежурный), машинист технологических насосов, машинист технологических компрессоров) отмечается значительная распространенность хронических заболеваний верхних дыхательных путей при стаже работы 10 лет и более, превышающих аналогичные показатели у слесарей по контрольно-измерительным приборам и автоматике, условия труда которых по химическому фактору относятся к допустимым (класс 2). При определении причинно-следственных связей нарушения здоровья в виде заболеваний верхних дыхательных путей с воздействием химического фактора установлено, что относительный риск (RR) составлял 1,9, этиологическая доля вклада фактора (EF) – 48,5%, сила связи – средняя (по руководству Р 2.2.3969-23 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки»).

ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с наложением моратория на контрольно-надзорные мероприятия учреждениями Роспотребнадзора, в рамках которых проводился лабораторный контроль за уровнями вредных производственных факторов, особое внимание должно быть уделено организации и проведению производственного контроля, являющегося обязанностью юридического лица.

Наличие критериев выбора приоритетных загрязнителей воздушной среды на объектах магистральных трубопроводов позволит работодателю правильно составить программу производственного контроля, определить периодичность лабораторных исследований для получения более объективной и достоверной информации о потенциальном вредном воздействии химических веществ на работников.

На основании проведенных собственных исследований, а также анализа результатов производственного контроля и специальной оценки условий труда, предоставленных работодателем, предложен подход к выбору приоритетных загрязнителей воздушной среды и потенциальных мест (точек) отбора проб воздуха рабочей зоны с целью контроля за их содержанием.

Результаты исследований позволили определить перечень основных вредных химических веществ, за содержанием которых следует установить строгий аналитический контроль. Лабораторные исследования необходимо проводить на рабочих местах, на которых наиболее вероятны газовыделения в воздушную среду: насосные залы (магистральные, подпорные), электрозалы, насосные внутренних перекачек, маслонасосные, блок-боксы или здания регуляторов давления, блок-боксы системы сглаживания волн давления, резервуарные парки, производственные площадки и т.д.

Обоснованные критерии выбора вредных веществ и мест для контроля дают возможность работодателю оценить гигиеническую ситуацию на производстве и в случае необходимости своевременно провести мероприятия по предупреждению их негативного влияния, что позволит сохранить здоровье работникам.

Отсутствие зарегистрированных профессиональных заболеваний на данном предприятии обеспечивается путем соблюдения санитарно-гигиенических требований, мониторинга за уровнем загрязнения воздуха рабочей зоны в соответствии с обоснованными нами приоритетными критериями, постоянной модернизацией и сменой оборудования и высоким уровнем его технического обслуживания.

Особое внимание на предприятии уделяется периодическим медицинским осмотрам работников в соответствии с требованиями законодательства. На основании предложенного перечня вредных химических веществ мы определили контингент работников для прохождения периодических медицинских осмотров.

Технологический персонал обеспечен соответствующими средствами индивидуальной защиты, в том числе органов дыхания (фильтрующие противогазы соответствующих марок). При ликвидации аварийных ситуаций работники применяют шланговые и/или изолирующие противогазы.

Работники предприятия обучены безопасным приемам работ, информированы о наличии на рабочих местах вредных производственных факторов, в том числе химических, и последствиях их воздействия для здоровья.

Перечисленный комплекс мер обеспечивает благоприятную гигиеническую ситуацию на предприятии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования позволили определить перечень вредных химических веществ, за содержанием которых необходимо установить строгий аналитический контроль. При выборе основных химических веществ предлагается руководствоваться такими критериями и показателями, как физико-химические свойства вещества, класс опасности химического вещества, наличие и численное значение ПДК (максимально разовой и/или среднесменной), токсическое действие вредного химического вещества на организм работника. При этом отбор проб должен проводиться в местах с наибольшей вероятностью газовой выделений в воздушную среду.

При транспортировке нефти необходимо установить аналитический контроль за содержанием алифатических предельных углеводородов C_2-C_{10} (суммарно), диgidросульфида (в смеси с углеводородами C_1-C_5) и бензола в воздухе рабочей зоны. При перекачке нефтепродуктов необходимо контролировать содержание бензола, бензина или керосина (углеводородов суммарно), то есть в зависимости от вида транспортируемого нефтепродукта.

Качественно проведенный аналитический контроль за загрязнителями воздуха рабочей зоны позволит обеспечить безопасные условия труда и снизить риски развития у работников профессиональных заболеваний химической этиологии, а также хронических заболеваний верхних дыхательных путей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Н.А. Бейгул — разработка концепции и утверждение окончательного варианта статьи для публикации; Л.К. Каримова — разработка концепции, анализ литературных источников и редакция окончательного варианта; А.Д. Бадикова — анализ литературных источников и редакция окончательного варианта; И.Г. Ибрагимов — анализ литературных источников, написание первичного варианта статьи и её подготовка для редакции; С.Р. Сахибгареев — анализ литературных источников и методическое сопровождение; И.А. Хусаинова — анализ литературных источников и методическое сопровождение; Я.М. Сахибгареева — анализ литературных источников и методическое сопровождение; Н.А. Мулдашева — анализ литературных источников, написание первичного варианта статьи и её подготовка для редакции. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Источник финансирования. Поисково-аналитическая работа, подготовка и публикация статьи осуществлены без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

ADDITIONAL INFO

Authors' contributions. N.A. Beigul — development of the concept and approval of the final version of the article for publication; L.K. Karimova — concept development, analysis of literary sources and editing of the final version; A.D. Badikova — analysis of literary sources and editing of the final version; I.G. Ibragimov — analysis of literary sources, writing the initial version of the article and preparing it for the editor; S.R. Sakhibgareev — analysis of literary sources and methodological support; I.A. Khusainova — analysis of literary sources and methodological support; Ya.M. Sakhibgareeva — analysis of literary sources and methodological support; N.A. Muldasheva — analysis of literary sources, writing the initial version of the article and preparing it for the editor. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Funding sources. The work and publication had no sponsorship.

Competing interests. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенюк Г.Н., Чернявский Е.А., Ходжаева Г.К. Магистральные нефтепроводы и их воздействие на окружающую среду // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1–5. С. 1260–1263. EDN: OORZTF
2. Закутянская Е.Д. Анализ аварийности на объектах ПАО «Транснефть». В кн.: Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе. Материалы Национальной научно-практической конференции. Тюмень, 2022. С. 290–293. EDN: LAIEWN
3. Belvederesi C., Thompson M.S., Komers P.E. Statistical analysis of environmental consequences of hazardous liquid pipeline accidents // Heliyon. 2018. Vol. 4, N 11. P. e00901. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00901
4. Поникаров С.И., Алексеев В.А., Вилохина П.В., Маннанова А.Ф. Анализ причин возникновения аварий на магистральных нефтепроводах // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 23. С. 365–368. EDN: TCCXDF
5. Половков С.А., Гончар А.Э., Максименко А.Ф., Слепнев В.Н. Оценка риска возникновения повреждений трубопроводов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации. Моделирование разлива и определение возможного объема нефти с учетом рельефа местности // Территория Нефтегаз. 2016. № 12. С. 88–93. EDN: XEKFZH
6. Закирзаков А.Г., Егоров А.Л. Анализ состояния сети магистральных нефтепроводов Тюменской области на основе статистических данных // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 309. EDN: VIDXSB
7. Мустафин Р.Ф. Анализ аварийности на объектах трубопроводного транспорта нефти в России и США. В кн.: Биотехнологии и безопасность в техносфере. Материалы Всероссийской конференции. СПб., 2021. Т. 2. С. 63–66. EDN: ZSWWJO
8. Мещеряков С.В., Гонопольский А.М., Зинец Т.В. Анализ экологически опасных ситуаций на магистральных нефтепроводах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 1. С. 18–21. EDN: YSWOQZ doi: 10.33285/2411-7013-2021-1(298)-18-21
9. Солодовников А.Ю. Воздействие нефтегазопроводов на окружающую среду в Тюменской области: факторы и последствия // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2004. № 4. С. 85–96. EDN: RTTMPH
10. Liu X., Guo M., Wang Y., et al. Assessing pollution-related effects of oil spills from ships in the Chinese Bohai Sea // Mar Pollut Bull. 2016. Vol. 110, N 1. P. 194–202. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.062
11. Burgherr P. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources // Journal Hazard Mater. 2007. Vol. 140, N 1–2. P. 245–256. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.030
12. Han B., Zheng L., Li Q., et al. Evaluation of the diagnostic ratios of adamantanes for identifying seriously weathered spilled oils from simulated experiment and actual oil spills // Environ Geochem Health. 2019. Vol. 41, N 2. P. 817–828. doi: 10.1007/s10653-018-0177-x
13. Шалай В.В., Мызников М.О., Гильдебрандт М.И., Ходорева Е.В. О необходимости замены насосного оборудования или рабочих колес магистральных насосов при изменении производительности перекачки нефти и нефтепродуктов // Омский научный вестник. Серия: Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2022. Т. 6, № 1. С. 22–28. EDN: MDFHRM doi: 10.25206/2588-0373-2022-6-1-22-28
14. Пронькина И.А., Шулепова А.М. Анализ методов повышения эксплуатационной надежности трубопроводов при освоении Арктики и мирового океана. В кн.: Нефтегазовый терминал. Материалы международной научно-технической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. Т. 22. С. 430–434. EDN: YGDKFK
15. Гридин Л.А. Эколого-гигиеническая характеристика условий профессиональной деятельности специалистов по предупреждению и ликвидации аварий на нефтепроводах // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 3. С. 27–29. EDN: YHQIFT doi:10.35627/2219-5238/2017-288-3-27-29
16. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Институт риска и безопасности, 2007. EDN: QKQRCD

17. Каримова Л. К., Гизатуллина Д.Ф. Ранние признаки воздействия вредных производственных факторов на организм работающих в современных нефтехимических производствах // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91, № 2. С. 38–40. EDN: PFFHBL
18. Камилов Р.Ф., Абзалов Р.Р., Ханов Т.В., и др. Состояние здоровья работников нефтехимической промышленности // Медицина труда и промышленная экология. 2008. № 12. С. 10–15. EDN: KGXCUN
19. Оруджев Р.А., Джафарова Р.Э. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2017. Т. 16, № 4. С. 8–15. EDN: ZDJREV doi: 10.22263/2312-4156.2017.4.8
20. Вредные вещества в промышленности / под ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. Л.: Химия, 1977.
21. Карамова Л.М., Рахматуллин Н.Р., Каримова Л.К. Условия труда при добыче, транспортировке и переработке нефти. В кн.: Нефть и здоровье. Ч. 1. Уфа: УфНИИ МТ и ЭЧ, 1993.
22. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство Р 2.2.2006-05 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. 2005. Т. 21, № 3. С. 3–144.
23. ГОСТ Р 54275-2010. Топлива автомобильные. Газохроматографический метод определения индивидуальных компонентов с использованием высокоэффективной 100-метровой капиллярной колонки. М.: Стандартинформ, 2012.
24. Wang W., Yingrong L.W., Liu Z., Tian S. Detailed chemical composition of straight-run vacuum gas oil and its distillates as a function of the atmospheric equivalent boiling point // Energy and Fuels. 2016. Vol. 30, N 2. P. 968–974. doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b02803

REFERENCES

1. Grebenyuk GN, Chernyavsky EA, Khodzhaeva GK. Oil-trunk pipelines and their environmental impact. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2011;13(1–5):1260–1263. EDN: OORZTF
2. Zakutyanskaya ED. Accident analysis at the facilities of PJSC "Transneft". In: *Modern approaches to industrial and environmental safety in the oil and gas sector. Materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Tyumen, 2022:290–293. (In Russ). EDN: LAIEWN
3. Belvederesi C, Thompson MS, Komers PE. Statistical analysis of environmental consequences of hazardous liquid pipeline accidents. *Heliyon*, 2018;4(11):e00901. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00901
4. Ponikarov SI, Alekseev VA, Vilokhina PV, Mannanova AF. Analysis of the causes of accidents on oil trunk pipelines. *Herald of Technological University*. 2014;17(23):365–368. (In Russ). EDN: TCCXDF
5. Polovkov SA, Gonchar AE, Maksimenko AF, Slepnev VN. Assessment of the risk of damage to pipelines located in the Arctic zone of the Russian Federation. Modeling of a spill and determination of the possible volume of oil taking surface topography into consideration *Territoriya Neftegaz*. 2016;(12):88–93. EDN: XEKFZH
6. Zakirzakov AG, Egorov AL. Analyze oil pipelines network of Tyumen region based on statistics. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(1–1):309. EDN: VIDXSB
7. Mustafin RF. Analysis of accidents at oil pipeline transportation facilities in Russia and the USA. In: *Biotechnologies and Safety in the Technosphere. Proceedings of the All-Russian Conference*. Saint-Petersburg, 2021;2:63–66. (In Russ). EDN: ZSWWJO
8. Meshcheryakov SV, Gonopolsky AM, Zinets TV. The analysis of ecologically dangerous situations on the main oil pipelines. *Environmental Protection in Oil and Gas Complex*. 2021;(1):18–21. EDN: YSWOQZ doi: 10.33285/2411-7013-2021-1(298)-18-21
9. Solodovnikov AYU. Oil pipeline and gas main influence on the environment in Tyumen region: factors and consequences. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*. 2004;(4):85–96. EDN: RTTMPH
10. Liu X, Guo M, Wang Y, et al. Assessing pollution-related effects of oil spills from ships in the Chinese Bohai Sea. *Mar Pollut Bull*. 2016;110(1):194–202. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.062

11. Burgherr P. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources. *J Hazard Mater.* 2007;140(1–2):245–256. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.030
12. Han B, Zheng L, Li Q, et al. Evaluation of the diagnostic ratios of adamantanes for identifying seriously weathered spilled oils from simulated experiment and actual oil spills. *Environ Geochem Health.* 2019;41(2):817–828. doi: 10.1007/s10653-018-0177-x
13. Shalai VV, Myznikov MO, Hildebrandt MI, Khodoreva EV. About the need to replace pumping equipment or impellers of main pumps when the pumping capacity of oil and petroleum products changes. *Omsk Scientific Bulletin. Series: Aviation-Rocket and Power Engineering.* 2022;6(1):22–28. EDN: MDFHRM doi: 10.25206/2588-0373-2022-6-1-22-28
14. Pronkina IA, Shulepova AM. Analysis of methods for improving the operational reliability of pipelines in the development of the Arctic and the world Ocean. In: *Neftegazovyi Terminal. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii.* Tyumen: Tyumenskii industrial'nyi universitet, 2021;22:430–434. EDN: YGDKFK
15. Gridin LA. Ecological-hygienic characteristics of professional work of experts on the prevention and elimination of pipeline accident. *Public Health and Life Environment – PH&LE.* 2017;(3):27–29. EDN: YHQIFT doi: 10.35627/2219-5238/2017-288-3-27-29
16. Vorobyev YuL, Akimov VA, Sokolov YuI. Prevention and liquidation of emergency oil and petroleum product spills. Moscow: Institut riska i bezopasnosti, 2007. EDN: QKQRCD
17. Karimova LK, Gizatullina DF. Early signs of the influence of harmful industrial factors on workers at present-day petrochemical plants. *Hygiene and Sanitation.* 2012;91(2):38–40. EDN: PFFHBL
18. Kamilov RF, Abzalov RR, Khanov TV, et al. Health status of workers in the petrochemical industry. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya,* 2008;(12):10–15. EDN: KGXCUN
19. Orudzhev RA, Jafarova RE. The peculiarities of the toxic effect of petroleum hydrocarbons on the human organism. *Vitebsk Medical Journal.* 2017;16(4):8–15. EDN: ZDJREV doi: 10.22263/2312-4156.2017.4.8
20. Lazarev NV, Levina EN, editors. Harmful substances in industry. Leningrad: Khimiya, 1977. (In Russ.)
21. Karamova LM, Rakhmatullin NR, Karimova LK. Working conditions in oil production, transportation and refining. In: *Oil and Health. Part 1.* Ufa: UfNII MT i ECh., 1993. (In Russ.)
22. Guidelines for the hygienic assessment of working environment and work process factors. Criteria and classification of working conditions: Guide 2.2.2006-05. *Byulleten' Normativnykh i Metodicheskikh Dokumentov Gossanepidnadzora.* 2005;3(21):3–144. (In Russ.)
23. GOST R 54275-2010. Automotive fuels. Gas chromatographic method for determining individual components using a highly efficient 100-meter capillary column. Moscow: Standartinform, 2012. (In Russ.)
24. Wang W, Yingrong LW, Liu Z, Tian S. Detailed chemical composition of straight-run vacuum gas oil and its distillates as a function of the atmospheric equivalent boiling point. *Energy and Fuels.* 2016;30(2):968–974. doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b02803

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / AUTHORS' INFO

*Автор, ответственный за переписку:	*Corresponding author:
Бадикова Альбина Дарисовна , д-р техн. наук, профессор; eLibrary SPIN: 4676-1311; ORCID: 0000-0003-4696-4342; e-mail: badikova_albina@mail.ru	Albina D. Badikova , Dr. Sci. (Engineering), Professor; eLibrary SPIN: 4676-1311; ORCID: 0000-0003-4696-4342; e-mail: badikova_albina@mail.ru
Ибрагимов Ильдус Гамирович , д-р техн. наук, профессор; eLibrary SPIN: 108931; ORCID: 0009-0005-4529-1272; e-mail: prorektor_ur@rusoil.net	Idus G. Ibragimov , Dr. Sci. (Engineering), Professor; eLibrary SPIN: 108931; ORCID: 0009-0005-4529-1272; e-mail: prorektor_ur@rusoil.net
* Бейгул Наталья Александровна , канд. хим. наук; адрес: 450106, Россия, Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94;	* Natalia A. Beigul , Cand. Sci. (Chemistry); address: 94 Kuvykina str., Ufa, 450106, Russia; eLibrary SPIN: 4078-4350;

eLibrary SPIN: 4078-4350; ORCID: 0000-0002-8006-384X; e-mail: omt_ufnii@mail.ru	ORCID: 0000-0002-8006-384X; e-mail: omt_ufnii@mail.ru
Каримова Лилия Казымовна , д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-9859-8260; eLibrary SPIN: 7670-5375; e-mail: iao_karimova@rambler.ru	Liliya K. Karimova , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-9859-8260; eLibrary SPIN: 7670-5375; e-mail: iao_karimova@rambler.ru
Сахибгареев Самат Рифович , канд. хим. наук; eLibrary SPIN: 3766-8029; ORCID: 0000-0002-4653-0897; e-mail: samat.sax2014@yandex.ru	Samat R. Sahibgarееv , Cand. Sci. (Chemistry); eLibrary SPIN: 3766-8029; ORCID: 0000-0002-4653-0897; e-mail: samat.sax2014@yandex.ru
Хусайнова Ирина Анатольевна , канд. хим. наук; eLibrary SPIN: 5493-7870; ORCID: 0009-0009-7181-6967; e-mail: opst.ugntu@mail.ru	Irina A. Khusainova , Cand. Sci. (Chemistry); eLibrary SPIN: 5493-7870; ORCID: 0009-0009-7181-6967; e-mail: opst.ugntu@mail.ru
Сахибгареева Яна Марселевна , студентка 6-го курса; eLibrary SPIN: 8299-1499; ORCID: 0000-0001-8937-9755; e-mail: yana.ars2000@yandex.ru	Yana M. Sakhibgarееva , 6th year student; eLibrary SPIN: 8299-1499; ORCID: 0000-0001-8937-9755; e-mail: yana.ars2000@yandex.ru
Мулдашева Надежда Алексеевна ; eLibrary SPIN: 8880-2511; ORCID: 0000-0002-3518-3519; e-mail: muldasheva51@gmail.com	Nadezhda A. Muldasheva ; eLibrary SPIN: 8880-2511; ORCID: 0000-0002-3518-3519; e-mail: muldasheva51@gmail.com

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1. Углеводородный состав газовой среды, образующейся в результате испарения нефти

Table 1. Hydrocarbon composition of the gas-air environment formed as a result of oil evaporation

Число атомов углерода в углеводороде Carbon atoms in the hydrocarbon	Наименование химического вещества Chemical substance name	С _{спика} , %	t _{уд.} , мин
		С _{спика} , %	t _{уд.} , min
C₆₋₈	Алканы	Σ 4,99	
6	н-Гексан	1,48	8,390
7	н-Гептан	1,74	11,386
8	н-Октан	1,77	14,457
C_{5-11, 16}	Изоалканы	Σ 15,7	
5	Изопентан	0,05	5,683
6	2,3-Диметилбутан	0,07	7,510
6	2-Метилпентан	0,64	7,574
6	Изогексан	0,89	7,961
7	2,2-Диметилпентан	0,06	9,066
7	2,4-Диметилпентан	0,27	9,219
7	2-Метилгексан	0,86	10,363
6	3-Метилпентан	1,97	10,445
7	2,3-Диметилпентан	0,94	10,487
8	2,2-Диметилгексан	0,15	12,060
8	2,4-Диметилгексан	0,67	12,444
8	2,3-Диметилгексан	0,68	13,313
8	2-Метилгептан	1,38	13,415
8	4-Метилгептан	0,29	13,485
8	3-Этилгексан	0,54	13,742
8	1-транс-2,цис-4-Триметилпентан	0,80	13,910
9	2,4-Диметилгептан	0,43	15,152
9	2,6-Диметилгептан	0,42	15,336
9	2,5-Диметилгептан	0,48	15,564
9	3-Этилгептан	0,86	16,578
16	2,2,4,4,6,8,8-Гептаметилнонан	0,13	17,734
10	2-Метил-3-этилгептан	2,82	18,583
11	4-Метилдекан	0,30	20,562
C_{6-11, 13-15}	Циклоалканы	Σ 62,56	
6	Метилциклопентан	1,11	9,349
7	1,1-диметилциклопентан	1,25	10,651
7	транс-1,3-Диметилциклопентан	4,26	11,042
7	цис-1,2-Диметилциклопентан	3,41	11,147
7	Изопропилциклобутан	0,64	11,215
7	Метилциклогексан	4,10	12,356
8	Этилциклогексан	0,72	12,642
8	транс,цис-1,2,3-Триметилциклопентан	3,20	12,809
7	(1-Метилэтилен)циклобутан	0,04	13,201
8	транс-1,2-Диметилциклогексан	5,40	14,080
8	цис-1-Этил-3-метилциклопентан	1,68	14,326
8	транс-1-Этил-3-метилциклопентан	1,65	14,397
8	1-Метил-1-этилциклопентан	0,14	14,584
9	1,2,3-Триметилциклогексан	3,66	14,686
8	цис-1,4-Диметилциклогексан	0,98	14,920
8	Изопропилциклопентан	0,44	15,093
8	1-Этил-2-метилциклопентан	0,28	15,389
9	1,1,3,3-Тетраметилциклопентан	0,28	15,467
8	н-Пропилциклопентан	1,78	15,669
8	Этилциклогексан	1,99	15,806
9	цис-1,2,4-Триметилциклогексан	5,21	15,920
9	1,2,3-Триметилциклогексан	2,91	16,152
9	1,транс-2,цис-4-Триметилциклогексан	1,83	16,340
9	1-Изопропил-3-метилциклопентан	0,51	16,632
10	2-Циклогексилбутан	0,48	16,876
9	цис,транс,цис-1,2,3-Триметилциклогексан	0,80	17,058
9	1-Метил-2-пропилциклопентан	1,74	17,202

9	транс-1,2-Диэтилциклопентан	1,70	17,342
9	цис-1-Метил-4-этилциклогексан	1,27	17,424
9	1-Этил-4-метилциклогексан	1,48	17,943
9	1,2,4-Триметилциклогексан	0,37	18,104
10	1,2-Диметилциклооктан	0,56	18,742
10	1,1,2,3-Тетраметилциклогексан	1,49	19,434
10	транс-1-Метил-4-илопропилциклогексан	0,10	19,538
14	1,1-Дициклогексилэтан	0,12	19,674
15	транс-1-(циклогексилметил)-4-этилциклогексан	0,74	19,677
8	Метилциклогептан	1,56	19,901
13	1-Пентил-2-пропилциклопентан	0,51	20,033
10	1,1,2,3-Тетраметилциклогексан	0,22	20,165
10	2-Этил-1,3-диметилциклогексан	0,28	20,252
10	1-Изобутил-3-метилциклопентан	0,21	20,344
10	3-Бутилциклогексан	0,24	20,392
11	1,2-Дибутилциклопропан	0,22	21,252
11	1-Этил-2,2,6-Триметилциклогексан	0,36	21,755
15	1,1,3-Триметил-2-(3-метилпентил)циклогексан	0,28	22,551
11	Пентилциклогексан	0,17	23,624
13	2,2-Диметилциклопентилциклогексан	0,08	24,722
15	1,7-Диметил-4-(1-метилэтил)циклодекан	0,03	24,850
13	2-Бутил-1,1,3-триметилциклогексан	0,08	25,818
C ₆₋₈	Моноциклические ароматические углеводороды	Σ 6,84	
6	Бензол	4,55	12,875
7	Метилбензол	1,75	13,665
8	1,3-Диметилбензол, 1,4-Диметилбензол	0,34	16,756
10	1-Этил-3-этилбензол	0,20	22,719
C _{9-11, 21}	Полициклические ароматические углеводороды	Σ 1,79	
9	цис-Октагидро-1Н-инден	1,02	18,397
21	Тетрагидро-4-метил-2-(2-метил-1-пропил)пирен	0,09	22,067
10	Декагидронафталин	0,30	22,161
11	Декагидро-2-метилнафталин	0,13	23,477
10	Нафталин	0,21	25,257
11	1-Метилнафталин	0,04	27,621
C _{8-10, 12}	Алкены	Σ 5,26	
8	1-Октен	3,79	13,055
12	2,4-Диметил-1-децен	0,42	15,015
10	2,6-Диметил-2-октен	0,87	17,611
9	3,5,5-Триметилгексен-1	0,18	19,010
C _{14, 20}	Алкины	Σ 0,32	
14	1-Тетрадецин	0,28	19,208
20	9-Эйкозин	0,04	25,132
C _{11, 12, 15, 17}	Спирты	Σ 1,39	
12	2-Бутил-1-Октанол	0,87	18,877
17	6,10,13-Триметилтетрадеканол	0,32	22,398
11	2-Изопропил-5-метил-1-гептанол	0,15	22,812
15	3,7,11-Триметил-1-додеканол	0,05	22,953
C _{9, 13}	Кетоны	Σ 0,90	
9	3-Изопропил-2-метилциклопентанон	0,79	18,310
13	Декагидро-4Н-циклопентациклооктен-4-он	0,11	25,050
C ₈	Альдегиды	Σ 0,25	
8	2-Этилгексанааль	0,25	6,096

Примечание: S_{пика} — площадь хроматографического пика вещества на масс-спектре (%); t_{уд.} — время удерживания вещества неподвижной фазой в хроматографической колонке.

Таблица 2. Характеристики основных химических веществ, для которых необходим аналитический контроль их содержания в воздушной среде при транспортировке нефти и нефтепродуктов магистральными трубопроводами

Table 2. Characteristics of the main chemical substances that require analytical monitoring of their content in the air during transportation of oil and petroleum products by main pipelines

Вещество	Substance	Агрегатное состояние	Особенности действия на организм	Класс опасности	ПДК*, мг/м ³
		Aggregate state	Features of action on the body	Hazard class	MPC*, mg/m ³

Углеводороды алифатические предельные C ₂ –C ₁₀ (пересчёт на углерод)	C ₂ –C ₁₀ aliphatic limiting hydrocarbons (converted to carbon)	п	–	4	900/300
Дигидросульфид смесь с углеводородами C ₁ –C ₅	Dihydrosulphide mixture with hydrocarbons C ₁ –C ₅	п	О	2	3
Бензол+	Benzene+	п	К	2	15/5
Бензин (растворитель, топливный)	Benzene (solvent, fuel)	п	–	4	300/100
Керосин (перерасчёт на углерод)	Paraffin (carbon conversion)	п	–	4	600/300

Примечание: ПДК — предельно допустимая концентрация; * СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; п — пар; О — вещества с остро направленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе; К — канцерогены; + — вещества, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз.

Note: MPC — maximum permissible concentration; * SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic norms and requirements to ensure safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans"; n — vapour; O — substances with acutely directed mechanism of action requiring automatic control of their content in the air; K — carcinogens; + — substances requiring special skin and eye protection when working with them.

Таблица 3. Средние значения максимально разовых концентраций контролируемых веществ в воздушной среде объектов нефтеперекачивающих станций и возможные превышения их гигиенических нормативов при выполнении технологических операций при перекачке и хранении нефти

Table 3. Average values of maximum single concentrations of controlled substances in the air environment of oil pumping stations and possible excesses of their hygienic standards when performing technological operations during oil pumping and storage

Место (точка) отбора пробы, технологическая операция	Place (point) of sampling, technological operation	Среднее значение максимально разовой концентрации вещества, ($\bar{x} \pm \Delta$) мг/м ³ / превышение ПДК, раз		
		углеводороды алифатические предельные C ₂ –C ₁₀	дигидросульфид в смеси с углеводородами C ₁ –C ₅	бензол
		Average value of maximum single concentration of the substance, ($\bar{x} \pm \Delta$) mg/m ³ / MPC exceedance, times		
		C ₂ –C ₁₀ aliphatic hydrocarbons	dihydrosulphide mixed with C ₁ –C ₅ hydrocarbons	benzene
Насосный зал при работе насосных агрегатов (подпорные)	Pump room during operation of pump units (booster pumps)	86,2±17,9 / отсутствует	0,9±0,4 / отсутствует	2,7±0,5 / отсутствует
Насосный зал при работе насосных агрегатов (магистральные)	Pump room when pump units are in operation (main pump units)	79,8±10,5 / отсутствует	0,7±0,2 / отсутствует	2,2±0,6 / отсутствует
Электрозал (при работе электродвигателей)	Electric hall (when electric motors are in operation)	58,3±8,9 / отсутствует	0,6±0,1 / отсутствует	2,1±0,4 / отсутствует
Насосная внутренних перекачек	Pump room for internal pumping	66,4±18,1 / отсутствует	0,7±0,3 / отсутствует	1,7±0,3 / отсутствует
Блок-бокс системы сглаживания волн давления	Block-box of pressure wave smoothing system	51,2±7,2 / отсутствует	0,5±0,1 / отсутствует	1,1±0,3 / отсутствует
Блок-бокс регуляторов давления	Block-box of pressure regulators	55,7±4,7 / отсутствует	0,5±0,2 / отсутствует	1,2±0,2 / отсутствует
Отбор технологических проб	Process sampling	524,0±106,6 / отсутствует	1,8±0,5 / отсутствует	5,5±1,0 / отсутствует
Выполнение сливно-наливных работ	Drainage and filling operations	621,0±137,1 / отсутствует	2,2±0,9 / отсутствует	11,6±2,4 / отсутствует
Дренаж технической воды из резервуара	Drainage of service water from the tank	413,0±97,9 / отсутствует	3,6±1,3 / 1,2	7,2±1,8 / отсутствует

Примечание: ($\bar{x} \pm \Delta$) мг/м³, где $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение максимально разовой концентрации вещества, Δ — доверительный интервал; ПДК — предельно допустимая концентрация.

Note: ($\bar{x} \pm \Delta$) mg/m³, where $\bar{x}$ — arithmetic mean of the maximum single concentration of the substance, Δ — confidence interval; MPC — maximum permissible concentration.

Таблица 4. Средние значения максимально разовых концентраций контролируемых веществ в воздушной среде объектов нефтепродуктоперекачивающих станций и возможные превышения их гигиенических нормативов при выполнении технологических операций при перекачке и хранении нефтепродуктов

Table 4. Average values of maximum single concentrations of controlled substances in the air environment of oil pumping stations facilities and possible excesses of their hygienic standards when performing technological operations when pumping and storing petroleum products

Место (точка) отбора пробы, технологическая операция	Place (point) of sampling, technological operation	Среднее значение максимально разовой концентрации вещества, ($\bar{x} \pm \Delta$) мг/м ³ / превышение ПДК, раз		
		бензин	бензол	керосин
		Average value of maximum single concentration of the substance, ($\bar{x} \pm \Delta$) mg/m ³ / MPC exceedance, times		
		petrol	benzene	kerosene
Насосный зал (при работе насосных агрегатов)	Pump room (when pump units are in operation)	101,9±22,3 / отсутствует	1,4±0,4 / отсутствует	98,7±18,2 / отсутствует
Электрозал (при работе электродвигателей)	Electric hall (when electric motors are in operation)	92,1±14,1 / отсутствует	1,1±0,3 / отсутствует	74,5±11,8 / отсутствует
Насосная внутренних перекачек	Pump room for internal pumping	71,7±11,4 / отсутствует	0,9±0,4 / отсутствует	55,9±8,9 / отсутствует
Блок-бокс системы сглаживания волн давления	Block-box of pressure wave smoothing system	52,9±9,7 / отсутствует	0,7±0,1 / отсутствует	56,9±19,3 / отсутствует
Блок-бокс регуляторов давления	Block-box of pressure regulators	46,7±8,4 / отсутствует	0,7±0,3 / отсутствует	49,0±10,4 / отсутствует
Отбор технологических проб	Process sampling	394,5±50,7 / 1,3	2,4±0,9 / отсутствует	295,6±78,2 / отсутствует
Выполнение сливно-наливных работ	Drainage and filling operations	630,0±106,3 / 2,1	3,7±1,1 / отсутствует	588,7±96,3 / отсутствует
Измерение уровня продукта	Product level measurement	411,8±82,7 / 1,4	3,9 ± 1,2 / отсутствует	611,8±114,7 / отсутствует

Примечание: ($\bar{x} \pm \Delta$) мг/м³, где $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение максимально разовой концентрации вещества, Δ — доверительный интервал; ПДК — предельно допустимая концентрация.

Note: ($\bar{x} \pm \Delta$) mg/m³, where $\bar{x}$ — arithmetic mean of the maximum single concentration of the substance, Δ — confidence interval; MPC — maximum permissible concentration.