

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

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

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

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

³ Башкирский 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.

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 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 учётом их физико-химических и токсических свойств, класса опасности, наличия и численного значения предельно допустимой концентрации (ПДК). Анализ результатов количественного химического анализа проб воздуха 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, дигидросульфида 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. Качественно проведённый аналитический контроль за загрязнителями воздуха рабочей зоны может позволить обеспечить безопасные условия труда и снизить у работников риски развития профессиональных заболеваний химической этиологии, а также хронических заболеваний верхних дыхательных путей.

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. 2023. Т. 30. № 11. С. 821–832. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

Статья поступила: 30.01.2024

Статья одобрена: 26.03.2024

Опубликована online: 08.04.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

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

Albina D. Badikova¹, Ildus G. Ibragimov¹, Natalia A. Beigul^{1, 2}, Liliya K. Karimova², Samat R. Sakhibgareev¹, Irina A. Khusainova¹, Yana M. Sakhibgareeva³, Nadezhda A. Muldasheva²

¹ Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

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

³ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: At major pipeline transport facilities, the release of chemicals into the air of the working area can have detrimental effects on the health of employees. This underscores the importance of continuous air monitoring. However, the lack of clearly defined criteria in current regulations for selecting specific harmful chemical compounds, particularly in cases of multicomponent mixtures, poses challenges in identifying pollutants in the work environment.

AIM: To provide scientific foundation for the list of harmful substances for analytical monitoring of their content in the air of the working areas of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products.

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

RESULTS: Composition of the gas-air environment formed as a result of oil evaporation was determined using chromatography-mass spectrometry. A list of identified hazardous chemicals for further analytical monitoring of their content in the air of the working area was developed. 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 (MPC). The average values of the maximum single concentrations of saturated hydrocarbons C_2-C_{10} were in the range of 0.1–0.7 MPC, 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 areas 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. Chronic diseases of the upper respiratory tract among workers of main professions were associated working conditions (Relative risk — 1.9, Etiological fraction — 48.5%).

CONCLUSION: Sampling should be carried out in places with the highest probability of gas emissions. 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 number of clinical and laboratory tests to 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, Sakhibgareev SR, Khusainova IA, Sakhibgareeva YM, Muldasheva NA. 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)*. 2023;30(11):821–832. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

Received: 30.01.2024

Accepted: 26.03.2024

Published online: 08.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективным средством транспортировки нефти и в несколько меньшем объёме 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 объёма 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, вносит 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 содержания 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.

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 затруднён 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 дигидросульфид (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 определённый характер действия на организм человека: дигидросульфид обладает остронаправленным механизмом действия, бензол — канцерогенным (табл. 1).

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

Таблица 1. Характеристики основных химических веществ, для которых необходим аналитический контроль их содержания в воздушной среде при транспортировке нефти и нефтепродуктов магистральными трубопроводами

Table 1. 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 Aggregate state	Особенности действия на организм Features of action on the body	Класс опасности Hazard class	ПДК*, мг/м ³ 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 в смеси 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 остронаправленным 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"; п — vapour; О — substances with acutely directed mechanism of action requiring automatic control of their content in the air; К — carcinogens; + — substances requiring special skin and eye protection when working with them.

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. 2, 3). 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 мг/м³ и в среднем составили 86,2±17,9 и 79,8±10,5 мг/м³ соответственно при работе подпорных и магистральных насосов. В электростанциях концентрация предельных углеводородов была несколько ниже по сравнению с насосными залами — 50,5–104,9 мг/м³ со средним значением максимально разовой концентрации 58,3±8,9 мг/м³.

Таблица 2. 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 2. Average values of maximum single concentrations of controlled substances in the air environment of oil pumping stations and possible excess 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, мг/м ³ / превышение ПДК, раз Average value of maximum single concentration of the substance, mg/m ³ / MPC exceedance, times		
	углеводороды алифатические предельные C ₂ –C ₁₀ C ₂ –C ₁₀ aliphatic hydrocarbons	дигидросульфид в смеси с углеводородами C ₁ –C ₅ dihydrosulphide mixed with C ₁ –C ₅ hydrocarbons	бензол benzene
Насосный зал при работе насосных агрегатов (подпорные) Pump room during operation of pump units (booster pumps)	86,2±17,9 / отсутствует absent	0,9±0,4 / отсутствует absent	2,7±0,5 / отсутствует absent
Насосный зал при работе насосных агрегатов (магистральные) Pump room when pump units are in operation (main pump units)	79,8±10,5 / отсутствует absent	0,7±0,2 / отсутствует absent	2,2±0,6 / отсутствует absent
Электростанция (при работе электродвигателей) Electric hall (when electric motors are in operation)	58,3±8,9 / отсутствует absent	0,6±0,1 / отсутствует absent	2,1±0,4 / отсутствует absent
Насосная внутренних перекачек Pump room for internal pumping	66,4±18,1 / отсутствует absent	0,7±0,3 / отсутствует absent	1,7±0,3 / отсутствует absent
Блок-бокс системы сглаживания волн давления Block-box of pressure wave smoothing system	51,2±7,2 / отсутствует absent	0,5±0,1 / отсутствует absent	1,1±0,3 / отсутствует absent
Блок-бокс регуляторов давления Block-box of pressure regulators	55,7±4,7 / отсутствует absent	0,5±0,2 / отсутствует absent	1,2±0,2 / отсутствует absent
Отбор технологических проб Process sampling	524,0±106,6 / отсутствует absent	1,8±0,5 / отсутствует absent	5,5±1,0 / отсутствует absent
Выполнение сливно-наливных работ Drainage and filling operations	621,0±137,1 / отсутствует absent	2,2±0,9 / отсутствует absent	11,6±2,4 / отсутствует absent
Дренаж технической воды из резервуара Drainage of service water from the tank	413,0±97,9 / отсутствует absent	3,6±1,3 / 1,2	7,2±1,8 / отсутствует absent

Примечание: ($\bar{x} \pm \Delta$) мг/м³, где $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение максимально разовой концентрации вещества, Δ — стандартная ошибка; 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 — standard error; MPC — maximum permissible concentration.

Таблица 3. Средние значения максимально разовых концентраций контролируемых веществ в воздушной среде объектов нефтепродуктоперекачивающих станций и количество проб, превышающих предельно допустимые концентрации при выполнении технологических операций при перекачке и хранении нефтепродуктов

Table 3. Average values of maximum single concentrations of controlled substances in the air environment of oil pumping stations facilities and the number of samples with concentrations exceeding maximum permissible concentration 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, мг/м ³ / превышение ПДК, раз Average value of maximum single concentration of the substance, mg/m ³ / MPC exceedance, times		
	бензин petrol	бензол benzene	керосин kerosene
Насосный зал (при работе насосных агрегатов) Pump room (when pump units are in operation)	101,9±22,3 / отсутствует absent	1,4±0,4 / отсутствует absent	98,7±18,2 / отсутствует absent
Электрозал (при работе электродвигателей) Electric hall (when electric motors are in operation)	92,1±14,1 / отсутствует absent	1,1±0,3 / отсутствует absent	74,5±11,8 / отсутствует absent
Насосная внутренних перекачек Pump room for internal pumping	71,7±11,4 / отсутствует absent	0,9±0,4 / отсутствует absent	55,9±8,9 / отсутствует absent
Блок-бокс системы сглаживания волн давления Block-box of pressure wave smoothing system	52,9±9,7 / отсутствует absent	0,7±0,1 / отсутствует absent	56,9±19,3 / отсутствует absent
Блок-бокс регуляторов давления Block-box of pressure regulators	46,7±8,4 / отсутствует absent	0,7±0,3 / отсутствует absent	49,0±10,4 / отсутствует absent
Отбор технологических проб Process sampling	394,5±50,7 / 1,3	2,4±0,9 / отсутствует absent	295,6±78,2 / отсутствует absent
Выполнение сливно-наливных работ Drainage and filling operations	630,0±106,3 / 2,1	3,7±1,1 / отсутствует absent	588,7±96,3 / отсутствует absent
Измерение уровня продукта Product level measurement	411,8±82,7 / 1,4	3,9 ± 1,2 / отсутствует absent	611,8±114,7 / отсутствует absent

Примечание: ($\bar{x} \pm \Delta$) мг/м³, где $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение максимально разовой концентрации вещества, Δ — стандартная ошибка; 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 — standard error; MPC — maximum permissible concentration.

Количественный химический анализ проб воздуха, отобранных как в насосных, так и в электрозалах, на содержание дигидросульфида в присутствии углеводородов показал соответствие его концентрации установленным гигиеническим нормам. Максимальная концентрация дигидросульфида в смеси с углеводородами не превышала 1,1 мг/м³ и в среднем составляла 0,9±0,4 и 0,7±0,2 мг/м³ соответственно в насосных помещениях с подпорными и магистральными насосными агрегатами и 0,6±0,1 мг/м³ 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 мг/м³. Средние значения максимально разовых концентраций бензола составили в электрозале 2,1±0,4 мг/м³, в насосных — 2,2±0,6 и 2,7±0,5 мг/м³.

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 пересчёте 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 перекачек, 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. 2, 3).

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. 2).

При сливе-наливе и измерении уровня нефтепродукта в резервуаре оператор товарный подвергался воздействию паров бензина, содержание которого могло возрасти 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. 3). 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 учётом 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 распространённость 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 проведённых собственных исследований, а также анализа результатов производственного контроля и специальной оценки условий труда, предложенных 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 путём 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 приёмам 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 среднесуточной), токсическое действие вредного химического вещества на организм работника. При этом отбор проб должен проводиться в местах с наибольшей вероятностью газовыделений в воздушную среду.

При транспортировке нефти необходимо установить аналитический контроль за содержанием алифатических предельных углеводородов C_2-C_{10} (суммарно), дициклопентилсульфида (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 проведённый 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

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

DOI: 10.17816/humeco626250-4203928

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

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

DOI: 10.17816/humeco626250-4203928

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, drafting the article; 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. No external funding.

Competing interests. No conflicts of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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: RTTMRH
- 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
- 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
- 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
- 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
- Пронькина И.А., Шулепова А.М. Анализ методов повышения эксплуатационной надёжности 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
- 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
- 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
- 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. Zakutianskaya 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 Yul. 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. Oруджев 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

Бадикова Альбина Дарисовна, д-р техн. наук, профессор;
eLibrary SPIN: 4676-1311;
ORCID: 0000-0003-4696-4342;
e-mail: badikova_albina@mail.ru

Ибрагимов Ильдус Гамирович, д-р техн. наук, профессор;
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;
eLibrary SPIN: 4078-4350;
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

Сахибгареев Самат Рифович, канд. хим. наук;
eLibrary SPIN: 3766-8029;
ORCID: 0000-0002-4653-0897;
e-mail: samat.sax2014@yandex.ru

Хусаинова Ирина Анатольевна, канд. хим. наук;
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

Мулдашева Надежда Алексеевна;
eLibrary SPIN: 8880-2511;
ORCID: 0000-0002-3518-3519;
e-mail: muldasheva51@gmail.com

AUTHORS' INFO

Albina D. Badikova, Dr. Sci. (Engineering), Professor;
eLibrary SPIN: 4676-1311;
ORCID: 0000-0003-4696-4342;
e-mail: badikova_albina@mail.ru

Ildus G. Ibragimov, Dr. Sci. (Engineering), Professor;
ORCID: 0009-0005-4529-1272;
e-mail: prorektor_ur@rusoil.net

***Natalia A. Beigul**, Cand. Sci. (Chemistry);
address: 94 Kuvykina str., Ufa, 450106, Russia;
eLibrary SPIN: 4078-4350;
ORCID: 0000-0002-8006-384X;
e-mail: omt_ufnii@mail.ru

Liliya K. Karimova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-9859-8260;
eLibrary SPIN: 7670-5375;
e-mail: iao_karimova@rambler.ru

Samat R. Sahibgarееv, Cand. Sci. (Chemistry);
eLibrary SPIN: 3766-8029;
ORCID: 0000-0002-4653-0897;
e-mail: samat.sax2014@yandex.ru

Irina A. Khusainova, Cand. Sci. (Chemistry);
eLibrary SPIN: 5493-7870;
ORCID: 0009-0009-7181-6967;
e-mail: opst.ugntu@mail.ru

Yana M. Sakhibgarееva, 6th year student;
eLibrary SPIN: 8299-1499;
ORCID: 0000-0001-8937-9755;
e-mail: yana.ars2000@yandex.ru

Nadezhda A. Muldasheva;
eLibrary SPIN: 8880-2511;
ORCID: 0000-0002-3518-3519;
e-mail: muldasheva51@gmail.com

*Автор, ответственный за переписку: / *Corresponding author: