Оригинальная статья / Original article

УДК 657.6.012.16

DOI: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-4-393-402>

Статистический анализ в управлении рисками на опасных производственных объектах нефтегазодобычи

© П.А. Наянов, Е.А. Хамидуллина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Современные условия производства показывают, что охрана труда и промышленная безопасность являются одной из важнейших задач государства и нефтегазовых компаний. В работе проанализирована динамика аварийности и производственного травматизма со смертельным исходом за 2008–2018 гг. на объектах нефтегазодобычи. Использовались методы статистического исследования – ретроспективный анализ, построение контрольных карт Шухарта. Анализ выполнялся на основании данных Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по производственному травматизму со смертельным исходом в нефтегазодобыче по России. На основании анализа построенных карт и выявления точек за верхней и нижней границами на карте средних значений делали вывод о случайности/системности причин причинения ущерба здоровью работников. Результаты позволили проанализировать риск смертельного травматизма работников, причины его возникновения и предложить пути снижения. Обеспечение эффективного функционирования и модернизации системы управления промышленной безопасностью, поддержание постоянного развития и ежегодного увеличения уровня безопасности на опасных производственных объектах является одной из основных задач руководителей любых уровней.

Ключевые слова: *травматизм в нефтедобыче и газодобыче, коэффициент частоты травматизма, карты Шухарта*

Формат цитирования: Наянов П.А., Хамидуллина Е.А. Статистический анализ в управлении рисками на опасных производственных объектах нефтегазодобычи. XXI век. Техносферная безопасность. 2020;5(4):393–402. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-4-393-402>

Statistical risk management analysis for hazardous oil and gas production facilities

Pavel A. Nayanov, Elena A. Khamidullina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract: Modern production conditions show that labor protection and industrial safety are one of the most important tasks of the government and oil and gas companies. The article aims to analyze the dynamics of accidents and industrial injuries with fatal outcomes that occurred at oil and gas production facilities in 2008–2018. The methods of statistical research were used. These are retro-perspective analysis and Shewhart control charts. The data on fatal industrial injuries in the Russian oil and gas production industry provided by the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision were used. Having analyzed the maps and identified the points beyond the upper and lower boundaries of average values, the conclusions about the random / systemic nature of damage to the health of workers were drawn. The results allowed us to analyze the risk of fatal injuries, their causes and find ways to reduce them. The effective operation and modernization of the industrial safety management system, constant development and an annual increase in the level of safety at hazardous production facilities is one of the main tasks of managers.

Key words: *traumatism at oil and gas production facilities, injury frequency rate, Shewhart maps*

For citation: Nayanov PA, Khamidullina EA. Statistical risk management analysis for hazardous oil and gas production facilities. XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost' = XXI century. Technosphere security. 2020;5(4):393–402. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-393-402>

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития России нефтяная и газовая промышленность занимает лидирующие позиции в списке отраслей, формирующих бюджет. С каждым годом растут темпы добычи углеводородов, разрабатываются новые месторождения, соответственно увеличивается количество задействованных в этом процессе трудовых ресурсов, оборудования, территории.

Увеличение добычи нефти и газа происходит ускоренными темпами и достигается путем увеличения фонда добывающих скважин с использованием технологий и оборудования прошлого века, с нарушениями плана и технологий строительства из-за недостатка времени и средств. Все эти факторы многократно увеличивают риск возникновения аварий на производстве, поэтому рассмотрение вопросов охраны труда и промышленной безопасности являются одной из важнейших задач государства и нефтегазовых компаний.

Целью данного исследования является установление и изучение закономерностей, связанных с производственным травматизмом в нефте- и газодобыче и возможностей использования статистического анализа в управлении производственными рисками.

МЕТОДЫ

В работе использовали методы статистического исследования такие как ретроспективный анализ, построение контрольных карт Шухарта¹. Ретроспективный анализ включал период 2008–2018 гг. и выполнялся на основании данных Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по производственному травматизму со смертельным исходом в нефте- и газодобыче

¹ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258-91). Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. Введ. 15.04.1999. М.: Изд-во стандартов, 1999. 36 с.

по России. Контрольные карты Шухарта строили за тот же временной отрезок также по производственному травматизму со смертельным исходом. Карта представляет собой график изменения коэффициента частоты несчастных случаев (K_f) по годам, с обозначением на нем средних значений, верхнего и нижнего пределов изменения коэффициента частоты несчастных случаев. На основании анализа построенных карт и выявления точек за верхней и нижней границами на карте средних значений делали вывод о случайности/системности причин причинения ущерба здоровью работников [1, 2].

1. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вопросам оценки производственной аварийности и травматизма посвящено большое количество работ, включая статистические методы оценки и подтверждение их достоверности [3, 4]. Существуют разные причины производственного травматизма, их традиционно делят на технические, в основном связанные с поломкой и отказом оборудования, организационные, обусловленные случайными и неслучайными человеческими ошибками, и внешние, определяемые условиями, в которых производятся работы. Контрольные карты Шухарта позволяют выявить случайность/систематичность отклонений производственного процесса от заданных условий, в том числе и процесса охраны труда. Для построения статистической контрольной карты была взята статистическая информация по производственному травматизму со смертельным исходом за 2008–2018 гг. (табл. 1)².

²Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/, «Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору», свободный (11.10.2020).

Таблица 1. Динамика смертельного травматизма по отраслям

Table 1. Dynamics of fatal injuries by industry

Отрасль	Случаи смертельного травматизма, чел.										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Нефтедобыча	6	15	12	16	18	18	9	21	12	7	12
Газодобыча	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Всего	7	16	13	16	19	18	9	21	12	7	12

Для определения коэффициента частоты несчастных случаев использовали формулу³

$$K_f = T_{\text{см}} \cdot 1000 / P,$$

где $T_{\text{см}}$ – количество случаев смертельного травматизма за год, чел; 1000 – коэффициент рассчитывается в случаях на 1000 человек; P – среднесписочная численность работников за этот период времени, чел. Всего в нефтегазодобыче в среднем занято 500 000 чел. [5].

Динамика коэффициентов частоты смертельных несчастных случаев представлена в табл. 2.

Полученные статистические контрольные карты Шухарта для опасных производственных объектов (ОПО) нефтедобычи и газодобычи представлены на рис. 1 и 2.

Представленные закономерности свидетельствуют о том, что коэффициент частоты за временной промежуток (2008–2018 гг.) для нефтедобычи возрос с 0,012 до 0,024, рассчитанное среднее значение коэффициента составило 0,024, для газодобычи с 0,002 снизилось до 0, при среднем значении 0,001.

Таким образом, можно сделать вывод, что (рис. 1) система управления охраной труда на ОПО нефтедобычи достаточно эффективна, так как коэффи-

циент частоты несчастных случаев за последние 2 г., с 2016 по 2018 гг. не превышает верхнего предельного значения, более того, наблюдается динамика его снижения на протяжении этих лет. Так уже после 2016 г. коэффициент частоты несчастных случаев не превышает и среднего значения. Следовательно, выбран правильный курс развития производственной безопасности, однако, по данным рис. 1, видно, что график имеет скачкообразный характер, что свидетельствует о том, что противоаварийные меры для предотвращения аварий реально принимаются только после их (аварий) происшествия и на период с 2008 по 2015 гг. видна тенденция к его увеличению, однако в целом наблюдается снижение показателей до средних значений до 2018 г. В 2015 г. наблюдается большой скачок кривой выше максимальных показателей графика, что связано с увеличением групповых несчастных случаев до семи (7) групповых несчастных случаев, что на 1 случай больше чем в 2014 г.

Причиной такому положению дел может служить множество факторов, таких как объем перерабатываемой продукции (с ростом ее, как правило, растет и аварийность); превышение времени эксплуатации оборудования над средним значением наработки, и, как следствие, его отказ или повреждение; ошибочные действия персонала ввиду недостаточно организованного процесса его обучения или несерьезного отношения самих работников к улучшению своих профессио-

³Макаров П.В. Методические указания по оценке профессионального риска. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, 2013. С. 9.

нальных навыков. Однако анализ изменений в Федеральном законе от 04.03.2013 г. № 22⁴, позволяет предположить, что по-

следние сыграли немаловажную роль в создавшейся обстановке [6].

Таблица 2. Изменение коэффициента частоты несчастных случаев со смертельным исходом в период 2008–2018 гг.

Table 2. Change in the rate of fatal accidents in 2008–2018

Отрасль	Коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом, $\cdot 10^{-3}$										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Нефтедобыча	12	30	24	32	36	36	18	42	24	14	24
Газодобыча	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0

Рис. 1. Статистическая контрольная карта Шухарта для коэффициента частоты несчастных случаев со смертельным исходом для опасных производственных объектов нефтедобычи

Fig. 1. Statistical Shewhart Control Chart for the Fatal Accident Rate Ratio for Hazardous Oil Production Facilities

Рис. 2. Статистическая контрольная карта Шухарта для коэффициента частоты несчастных случаев для опасных производственных объектов газодобычи

Fig. 2. Statistical Shewhart control chart for the accident rate for hazardous gas production facilities

⁴22-ФЗ от 04.03.2013 г «О внесении изменений в федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", отдельные законодательные акты Российской Федерации и о признании утратившим силу подпункта 114 пункта 1 статьи 333.33 части второй Налогового кодекса Российской Федерации».

Динамика риска производственного травматизма со смертельным исходом работников нефтедобывающих предприятий представлена на рис. 3.

Как показывает расчет, темп снижения коэффициента частоты несчастных

случаев со смертельным исходом для нефтедобычи составляет лишь 0,074%, что является крайне низким показателем.

Полученная карта Шухарта для газодобычи (рис. 2) также свидетельствует о том, что система управления охраной труда на ОПО газодобычи достаточно эффективна, так как коэффициент частоты несчастных случаев за последние 6 лет равняется нулю (с 2013 по 2018 гг.). Следовательно, выбран правильный курс развития производственной безопасности. Здесь следует отметить наличие усиленного контроля над технологией производства со стороны

государства, а также отработанность алгоритмов проверки оборудования и персонала [7], которая идентична для всей страны, так как добыча газа монополизирована и принадлежит компании ПАО «Газпром».

Динамика риска производственного травматизма со смертельным исходом работников газодобывающих предприятий представлена на рис. 4.

Расчет показывает, что темп снижение коэффициента частоты несчастных случаев со смертельным исходом составляет 2,7%, что является нормальным показателем за временной промежуток в 10 лет.

Рис. 3. Динамика производственного травматизма со смертельным исходом работников нефтедобывающих предприятий 2008–2018 гг.

Fig. 3. The dynamics of industrial injuries with fatalities in the oil production industry in 2008–2018

Рис. 4. Динамика производственного травматизма со смертельным исходом среди работников газодобывающих предприятий за 2008–2018 гг.

Fig. 3. The dynamics of industrial injuries with fatalities in the gas production industry in 2008–2018

Самый критичный год явился 2015 г. Анализ результатов технических исследований аварий 2015 г. показывает, что основными причинами возникновения аварий являются следующие⁵:

- в 13 случаях (76%) – отказ и разгерметизация технических устройств, нарушение технологии производства работ.

- в 4 случаях (31%) – ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства опасных работ.

Для 2018 г. основными факторами аварий являлись:

- в одном случае (11%) – разгерметизация и разрушение технических устройств;

- в 8 случаях (89%) – ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства газоопасных, огневых и ремонтных работ, а также организации работ по обслуживанию оборудования.

Причиной аварии, связанной с разгерметизацией и разрушением технических устройств, явилось нарушение требований промышленной безопасности в части организации и проведения ремонтных работ, работ по обслуживанию, техническому диагностированию и экспертизе промышленной безопасности технических устройств, а также ненадлежащие действия ремонтных и экспертных организаций, осуществлявших указанные работы.

Характерными нарушениями требований промышленной безопасности, выявляемыми при проведении проверок на опасных производственных объектах нефте-, и газодобычи являются:

- отсутствие систем управления технологическими процессами и противоаварийной автоматической защиты;

- неудовлетворительная организация и проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования, зданий и сооружений, в том числе работ повышенной опасности;

- несвоевременное проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств, а также их эксплуатация при отклонении регламентированных параметров при ведении технологических процессов;

- отсутствие аттестации в области промышленной безопасности руководителей и специалистов;

- неудовлетворительное ведение и оформление эксплуатационной документации (после проведения ремонтов и испытаний оборудования);

- неудовлетворительная организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

На основе приведенного в данной работе анализа можно заключить, что для снижения рисков необходимо сделать упор именно на организованном производственном контроле (ПК), а также уровне знаний работников предприятий в сфере промышленной безопасности (ПБ) и охраны труда (ОТ).

На предприятиях нефтегазодобычи необходимо обеспечить должный уровень знаний ПБ работников, достигаемый проведением обучения и периодической проверкой знаний в области ПБ.

Требования к организации и осуществлению ПК за соблюдением требо-

⁵Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/, «Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору», свободный (11.10.2020).

ваний ПБ изложены в Постановлении Правительства Российской Федерации⁶. Каждая организация должна разработать Положение о ПК, которое должно быть утверждено непосредственным руководителем данной организации. Объекты 1-го и 2-го классов опасности должны осуществить разработку Системы управления промышленной безопасностью (СУПБ)⁷.

Каждому субъекту хозяйственной деятельности, эксплуатирующему опасный производственный объект, необходимо собственными силами, проанализировав риски аварий, проводить оценку состояния ПБ, разрабатывать цели и политику ПБ, устанавливать и реализовывать способы их достижения, а также осуществлять оказанные в действующем законодательстве Российской Федерации в области промышленной безопасности и охраны труда функции ПК⁸. Было определено, что административная реформа ведет к снижению влияния государственных структур на деятельность хозяйствующих субъектов и упрощению контрольных функций, признанных излишними.

Однако в ходе проведения проверок органами государственного надзора было обнаружено, что организация и осуществление ПК на ОПО носит лишь

формальный характер, эффективность его ничтожно мала, а зачастую его организация и вовсе отсутствует в управляющих компаниях.

Для обеспечения должного уровня ПБ необходима организация не только эффективного ПК за соблюдением требований ПБ, но и разработка и внедрение СУПБ, включающую в себя структурированную совокупность управленческих решений, норм и процедур, мероприятий, позволяющих осуществлять и развивать деятельность по предотвращению рисков возникновения аварий, угрозы жизни и здоровью работников, ущерба окружающей среде и соблюдению требований ПБ⁹.

Необходимо понимать, что разработка положений и систем не приведет к безопасному состоянию предприятия. Безопасность достигается именно проведением мероприятий, направленных на безопасное функционирование ОПО, а также на предупреждение аварий на данных объектах.

Должный уровень знаний в области ПБ достигается проведением обучения персонала с помощью лекционных курсов, самостоятельной работы или электронного обучения с использованием наглядности и интерактивности (компьютерные программы, тренажеры) [8-11]. Наиболее эффективным является последний вид обучения, что подтверждается кривыми обучения (рис. 5).

Необходимо улучшить методики проведения процедуры на предприятиях нефтепереработки. Для этого необходим комплексный подход к вопросам ПБ и ОТ, а именно разработка вышеупомянутого СУПБ, а также Системы управления

⁶О лицензировании эксплуатации взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов I, II и III классов опасности: постановление Правительства Российской Федерации от 10 июня 2013 г. N 492.

⁷Об утверждении требований к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью: постановление Правительства РФ от 26 июня 2013 г. N 536.

⁸Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах: постановление Правительства РФ от 26.08.2013 N 730.

⁹Шарафиев Р.Г. Экологический словарь-справочник: учеб. пособие. Челябинск–Уфа: 2011. С. 400.

охраной труда (СУОТ) и эффективное их функционирование на предприятиях [13].

Так, основным двигателем для обеспечения максимальной эффективности управления является следование принципам соблюдения ПБ, распространяю-

щейся на все уровни организации. Каждый сотрудник несет ответственность за собственную и коллективную безопасность – это основной принцип руководителей любых уровней в обеспечении ПБ и ОТ.

Рис. 5. Сравнение эффективности различных форм обучения¹⁰ [12]

Fig. 5. Comparison of the effectiveness of various forms of education [12]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Соблюдение правил ПБ и ОТ и собственный вклад высшего руководства предприятий заключается в поддержании и финансировании инновационных и безопасных технологий производства, автоматизированного оборудования, для уменьшения человеческого труда на самых небезопасных зонах ОПО, лучших образцов и приборов контроля и наблюдения, и средств коллективной и индивидуальной защиты, а также поощрении инициативных предложений по повышению уровня ПБ и ОТ предприятий.

Обеспечение эффективного функционирования и модернизации СУПБ является одной из основных задач руководителей любых уровней, которое достигается путем привлечения людских, материальных и финансовых ресурсов, за счет чего и обеспечивается постоянное развитие и ежегодное увеличение уровня безопасности на ОПО.

¹⁰Электронное обучение – залог безопасности на производстве [Электронный ресурс] // СИА.ру. URL: https://sia.ru/?section=410&action=show_news&id=320559 (28.10.2020).

Библиографический список

1. Mark Best and Dunkan Neuhauser Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory // Quality and Safety in Health Care. 2006. Vol. 15. No. 2. P. 142.

2. Shahzadi Irum, Ayesha Javed, Syed Shahzaib Pirzada, Shagufta Nasreen dan Farida Khanam. Impact of Employee Motivation on Employee Performance // European Journal of Business and

Management. 2014. Vol. 6. No. 23. P. 159–167.

3. Floris Goerlandta, Nima Khakzadc and Genserik Reniers Validity and validation of safety-related quantitative risk analysis: A review // *Safety science*. 2017. Vol. 99. P. 127.

4. Andrew Rae and David Provan Safety work versus the safety of work // *Safety science*. 2019. Vol. 111. P. 119.

5. Мартынов В.Г. Тенденции занятости в нефтегазовом комплексе // *Я б в нефтяники пошел*. 2004. № 1. С. 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oilru.com/sp/1/28> (20.11.2020).

6. Иванов Е.А. Об основных направлениях совершенствования систем управления промышленной безопасностью // *Безопасность труда в промышленности*. 2001. № 3. С. 3–7.

7. Терехов А.Л. Повышение безопасности труда на предприятиях ПАО «Газпром» (буровые установки в Арктике) // *Вести газовой науки*. 2017. 1 (29). С. 196–204.

8. Мельникова Д.А., Алекина Е.В., Яговкин Г.Н., Воропаева Л.В. Человеческий фактор как объект обеспечения безопасности жизнедеятельности // *Безопасность жизнедеятельности*. 2019. № 4. С. 18–22

9. Fang J.S., Ford D.M. and Mannan M.S. Making the business case for process safety using value-at-risk concepts // *J Hazard Mater*. 2004. Vol. 115. No. 11. P. 17.

10. Бадрутдинов М.Н. Формирование готовности преподавателей к проектированию и реализации мультимедийно-обучающего комплекса по охране труда // *Концепт*. 2015. № 10. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2015/15366htm> (20.11.2020).

11. Кузьминов А.Л., Голубева Н.П., Егоренкова С.В. Инновационные подходы к обучению требованиям промышленной безопасности и охране труда // *Вестник науки ТГУ*. 2012. № 2 (20). С. 215–219.

12. Хасанова А.Ф., Штур В.Б., Шайбаков Р.А. Аварийность и травматизм на объектах нефтепереработки // *Нефтегазовое дело*. 2016. № 6. С. 161–176. <https://doi.org/10.17122/ogbus-2016-6-161-176>

13. Мартынюк В.Ф., Гельфанд Б.Е., Бабайцев И.В., Сафонов В.С. Методики оценки последствий промышленных аварий и катастроф. Возможности и перспективы // *Безопасность труда в промышленности*. 1994. № 8. С. 9.

References

1. Mark Best and Dunkan Neuhauser Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. *Quality and Safety in Health Care*. 2006;15(2):142/

2. 2. Shahzadi Irum, Ayesha Javed, Syed Shahzaib Pirzada, Shagufta Nasreen dan Farida Khanam. Impact of Employee Motivation on Employee Performance. *European Journal of Business and Management*. 2014;6(23):159–167.

3. Floris Goerlandta, Nima Khakzadc and Genserik Reniers Validity and validation of safety-related quantitative risk analysis: A review. *Safety science*. 2017;99:127.

4. Andrew Rae and David Provan Safety work versus the safety of work. *Safety science*. 2019;111:119.

5. Martynov VG. Employment trends in the oil and gas complex. *Ya b v neftyaniki poshel*. 2004;1:3. Available from: <http://www.oilru.com/sp/1/28> [Accessed 20th November 2020]. (In Russ.)

6. Ivanov EA. On the main directions of improving industrial safety management systems. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* = Occupational safety in industry. 2001;6:3–7. (In Russ.)

7. Terekhov AL. Improvement of labor safety at the enterprises of Gazprom PJSC (Arctic drilling rigs). *Vesti gazovoi nauki*. 2017;1:196–204. (In Russ.)

8. Melnikova DA, Alekina EV, Yagovkin GN, Voropaeva LV. The human factor as an object of ensuring the safety of life. *Safety of life*. 2019;4:18–22.

9. Fang JS, Ford DM and Mannan MS. Making the business case for process safety using value-at-risk concepts. *J Hazard Mater*. 2004;115(11):17.

10. Badrutdinov M.N. Formation of teachers' readiness for the design and implementation of a multimedia training complex on labor protection. *Concept*. 2015;10. Available from: <http://e-koncept.ru/2015/15366htm> [Accessed 20th November 2020]. (In Russ.)

11. Kuzminov AL, Golubeva NP, Egorenkova SV. Innovative approaches to teaching the requirements of industrial safety and labor protection. *Vestnik Nauki TSU*. 2012;2(20):215–219.

12. Khasanova AF, Shtur VB, Shaybakov RA. Accidents and injuries on objects refining. *Neftgazovoe delo*. 2016;6:161–176. (In Russ.) <https://doi.org/10.17122/ogbus-2016-6-161-176>

13. Martynyuk VF, Gelfand BE, Babaytsev IV, Safonov BC. Methods for assessing the consequences of industrial accidents and disasters. *Opportunities and prospects. Bezopasnost' truda v promyshlennosti* = Occupational safety in industry. 1994;8:9. (In Russ.)

Сведения об авторах

Наянов Павел Алексеевич,
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: pavel11031996@mail.ru

Хамидуллина Елена Альбертовна,
кандидат химических наук,
доцент кафедры промышленно экологии
и безопасности жизнедеятельности,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия.
✉ e-mail: Elena.irk.mail@lis.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.*

*Статья поступила в редакцию 14.11.2020;
одобрена после рецензирования 27.11.2020;
принята к публикации 30.11.2020.*

Information about the authors

Pavel A. Nayanov,
master degree student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: pavel11031996@mail.ru

Elena A. Khamidullina,
Cand. Sci. (Chemical),
Associate Professor of the Department
of Industrial Ecology and Life Safety,,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
✉ e-mail: Elena.irk.mail@lis.ru

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

*All authors have read and approved the final
manuscript.*

*The article was submitted 14.11.2020;
approved after reviewing 27.11.2020;
accepted for publication .30.11.2020.*