



УДК 331.45

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН



RISK ANALYSIS AND ASSESSMENT HAZARDOUS PRODUCTION FACTORS DURING WELL GEOPHYSICAL SURVEYS

Захарченко Евгения Ивановна

кандидат технических наук,
доцент кафедры
геофизических методов поисков и разведки,
Кубанский государственный университет,
evgenia-zax@yandex.ru

Захарченко Юлия Ивановна

старший преподаватель кафедры
геофизических методов поисков и разведки,
Кубанский государственный университет,
ofis-2010@yandex.ru

Андрейко Наталья Геннадьевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры теплоэнергетики и теплотехники,
Кубанский государственный технологический университет
89882481491@mail.ru

Аннотация. В работе проведен анализ и оценка рисков при геофизических исследованиях скважин. В современных условиях необходимо заблаговременно выявлять, предупреждать и предотвращать чрезвычайные ситуации, связанные с аварийностью на опасных производственных объектах. Развитие технологических процессов неизбежно ведет к возрастанию числа аварий при проведении геолого-геофизических исследований и масштабов последствий этих аварий. В связи с этим возникает потребность разрабатывать подходы для обеспечения безопасности на предприятиях геологоразведочного комплекса.

В работе рассмотрены возможные сценарии аварий при проведении геофизических работ в скважинах. Авторами показано, что наиболее вероятными аварийными ситуациями при проведении комплекса геофизических исследований в скважинах являются прихват скважинных зондов и обрыв каротажного кабеля. Такие события могут способствовать развитию чрезвычайных ситуаций. Авторами предлагается для снижения риска возникновения аварий комплекс конкретных рекомендаций при проведении геофизических исследований в скважинах.

Ключевые слова: анализ рисков, классификация рисков, опасные производственные объекты, геологоразведочные работы, геофизические исследования скважин, возможные сценарии аварий.

Zakharchenko Yevgenia Ivanovna

PhD in technical sciences,
assistant Professor
of geophysical prospecting
and exploration methods,
Kuban state university
evgenia-zax@yandex.ru

Zakharchenko Julia Ivanovna

Senior lecturer of geophysical prospecting
and exploration methods,
Kuban state university
ofis-2010@yandex.ru

Andreyko Natalya Gennadyevna

PhD in technical sciences,
Associate Professor of the Department
of Thermal Power Engineering
and Heat Engineering,
Kuban State University of Technology
89882481491@mail.ru

Annotation. The paper analyzes and evaluates risks in the course of well geophysical surveys. In modern conditions, it is necessary to identify, prevent and prevent emergencies related to accidents at hazardous production facilities in advance. The development of technological processes inevitably leads to an increase in the number of accidents during geological and geophysical research and the scale of the consequences of these accidents. In this regard, there is a need to develop approaches to ensure safety at the enterprises of the exploration complex.

The paper considers possible scenarios of accidents during geophysical operations in wells. The authors show that the most likely emergency situations when conducting a complex of geophysical studies in wells are the seizure of borehole probes and the breakage of the logging cable. Such events can contribute to the development of emergency situations. The authors propose a set of specific recommendations for conducting geophysical studies in wells to reduce the risk of accidents.

Keywords: risk analysis, risk classification, hazardous production facilities, geological exploration, well logging, possible accident scenarios.

В настоящее время в Российской Федерации существует большое количество законодательных актов, регулирующих вопросы безопасности на опасных производственных объектах, в том числе при проведении геологоразведочных работ и геофизических исследований. Актуальность работы обусловлена тем, что в современных условиях необходимо заблаговременно выявлять, предупреждать и предотвращать чрезвычайные ситуации, связанные с аварийностью на опасных производственных объектах.



Развитие технологических процессов в современном мире неизбежно ведет к возрастанию числа аварий при проведении геолого-геофизических исследований и масштабов последствий этих аварий. В связи с этим возникает потребность разрабатывать подходы для обеспечения безопасности людей на предприятиях геологоразведочного комплекса.

Анализ риска аварий – это основная часть управления промышленной безопасности, он предполагает получение количественных оценок потенциальной опасности промышленных объектов.

Геологоразведочные работы являются основной частью работ, производимых с целью поиска и подготовки к промышленному освоению месторождений полезных ископаемых. Особое внимание уделяется анализу и оценке риска при проведении большинства видов геологоразведочных работ.

В настоящее время существует несколько понятий «риск».

Риск – количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека [4].

Риск – это частота реализации опасностей или некая мера ожидаемых потерь при конкретных действиях субъекта [4].

Классификация рисков – это подразделение рисков на категории с применением определенных критериев. Выбор критериев зависит от целей и особенностей процедуры анализа и управления рисками. Число возможных критериев классификации риска может быть очень большим, поэтому сами критерии классификации необходимо группировать [2].

Основная цель классификации – выделение конкретных рисков, а каждый из конкретных рисков, измеряемый частотой возникновения и размером неблагоприятных последствий (ущерба), описывается его стандартными характеристиками [2].

В настоящее время выделяются следующие виды оценки рисков [3]:

– по причине (природе) ущерба (природные риски; технические риски; риски, связанные с человеческим фактором; риски, связанные с экономической активностью; политические риски; социальные риски);

– по типичности отрицательных последствий (фундаментальный риск; спорадический риск);

– по специфике исходов (чистый риск; спекулятивный риск);

– по месту появления рисков (внутренние; внешние);

– по степени зависимости ущерба (первичные риски; вторичные риски);

– по характеру распределения бремени риска (одностороннего; двустороннего; многостороннего);

– по уровню возникновения риска (риски, возникающие на уровне народного хозяйства; риски, возникающие на уровне административно-хозяйственных и региональных образований; риски, возникающие на уровне отдельного хозяйствующего объекта; риски, возникающие на уровне структурных подразделений; риски, возникающие на уровне отдельного рабочего места);

– по уровню проявления негативных последствий (проектные риски и/или риски подразделения; риски фирмы (предприятия); отраслевые риски; общеэкономические риски; глобальные риски);

– по степени учета временного фактора (срочные риски; бессрочные риски);

– по зависимости уязвимости от времени (статические риски; динамические риски);

– по степени распространенности риска (массовые риски; уникальные риски);

– по характеру влияния на различные объекты (общий риск; частный риск);

– по степени предсказуемости риска (предсказуемые (прогнозируемые) риски; непредсказуемые (непрогнозируемые) риски);

– по типу информации (количественные; качественные);

– по частоте возникновения ущерба (редкие риски; риски средней частоты; частые риски);

– по размеру (тяжести) ущерба (малые риски; средние риски; высокие риски; катастрофические риски).

Классификация оценки рисков приведена на рисунке 1.

Анализ опасностей и оценка риска аварий на опасных производственных объектах – специальный научно-технический метод исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий на опасных производственных объектах. Анализ риска аварии включает взаимосвязанную совокупность процессов идентификации опасностей аварии, оценки риска аварии, определения степени опасности аварий, а также разработки обоснованных рекомендаций по снижению риска аварии и/или мероприятий, компенсирующих отступления от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности при обосновании безопасности опасного производственного объекта [1].

Процесс проведения анализа риска аварий включает несколько основных этапов [1]:

– планирование и организация анализа риска аварий на опасном производственном объекте (ОПО);

– идентификация опасностей аварий на ОПО;

– оценка риска аварии на ОПО;

– определение степени опасности аварий на ОПО и (или) наиболее опасных составных элементов ОПО;

– разработка рекомендаций по снижению риска аварии на ОПО.

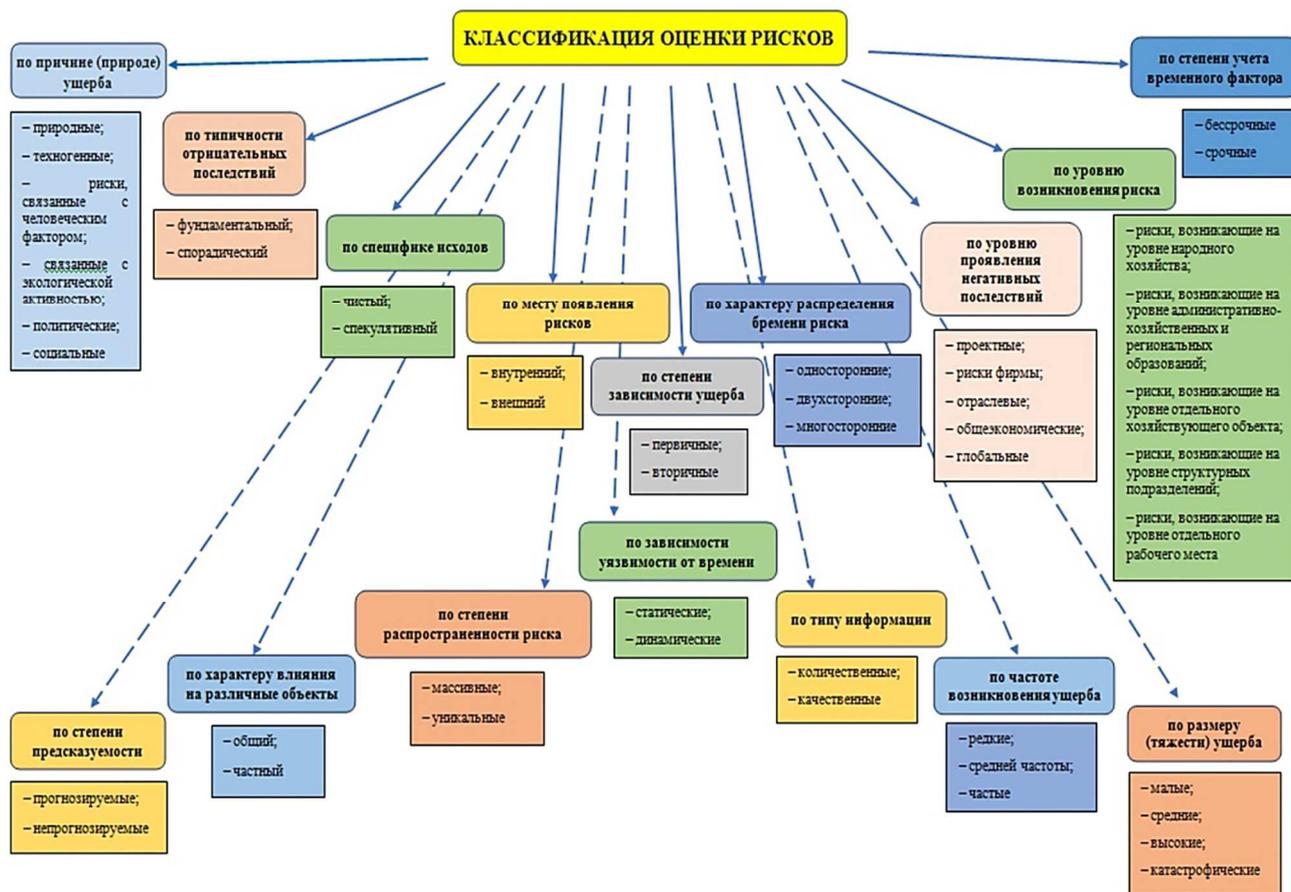


Рисунок 1 – Классификация оценки рисков

Оценка риска аварии – процесс, используемый для определения возможности и степени тяжести последствий реализации опасностей аварий для здоровья человека, имущества и/или окружающей природной среды. Оценка риска включает описание и определение качественных и/или количественных показателей, характеристик, признаков возможности возникновения и тяжести последствий реализации инцидентов, аварий. Оценка риска включает анализ вероятности (или частоты), анализ последствий и их сочетания [5].

Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ [5].

Сценарий аварии – последовательность отдельных логически связанных событий, обусловленных конкретным инициирующим (исходным) событием, приводящих к определенным опасным последствиям аварии [5].

Рассмотрим возможные сценарии аварий при проведении геофизических работ в скважинах. К авариям такого вида относятся:

- прихваты геофизических зондов;
- обрыв кабеля и оставление его части в скважине;
- оставление в скважине геофизических приборов;
- оставление скважинных перфораторов, применяемых при исследовании скважины и проведении вспомогательных работ в ней;
- самопроизвольное срабатывание перфораторов;
- проведение перфорационных работ в скважине при неуравновешенности пластового давления гидростатическим давлением столба жидкости;
- разгерметизации лубризатора и другие.

Причины аварий при проведении геофизических работ в скважинах:

- недостаточная подготовленность ствола скважины к геофизическим работам (наличие уступов, желобных выработок, высокие реологические параметры бурового раствора);
- ненадежное крепление геофизических зондов к кабелю или кабеля к подъемнику;
- применение изношенного геофизического кабеля;
- превышение скорости спуска кабеля, которое ведет к его запутыванию и прихвату;
- обвал пород и образование пробок;



- длительное оставление без движения кабеля и приборов;
- обрыв геофизического зонда (в результате затаскивания его на блок-баланс из-за отсутствия контрольных меток на кабеле);
- самопроизвольные взрывы перфораторов (могут происходить при применении нетермостойких взрывчатых веществ и средств взрыва в высокотемпературных скважинах или от преждевременного поступления тока на взрыватель);
- использование неисправного противовыбросового оборудования (устанавливается для обеспечения герметичности устья скважины);
- нарушение герметичности резиновых уплотнителей, входящих в состав лубриката;
- низкая квалификация работников и другие.

Анализ риска аварий методом «дерева происшествий» на основе данных о вероятности тех или иных событий при проведении геофизических исследований был проведен по статистическим и фоновым данным. «Дерево происшествий» при проведении геофизических исследований приведено на рисунке 2.

Анализ риска аварий методом «дерева происшествий» показал, что вероятность возникновения аварий при проведении геофизических исследований в скважинах составит $p = 2,02 \cdot 10^{-5}$. Данный уровень риска не является приемлемым, поэтому требуется внедрение мероприятий, способствующих его снижению [7].

Для снижения вероятности возникновения аварий при проведении геофизических работ предлагаются следующие мероприятия:

- проведение инструктажей и обучений для операторов и для повышений квалификаций для рабочих (снижение вероятности ошибок персонала);
- проведение регулярного технического осмотра зондов и геофизического кабеля и обслуживания оборудования предприятия согласно принятым регламентам (снижение вероятности неисправного оборудования);
- улучшение подготовки скважины к проведению геофизических исследований – улучшение качества цементирования затрубного пространства, повышение качества тампонажного раствора (снижение вероятности ошибок персонала).

После рассмотрения предложенных мероприятий был проведен расчет вероятности возникновения аварий при проведении геофизических исследований в скважинах, который составит $p = 1,17 \cdot 10^{-6}$. Данный уровень риска является приемлемым, следовательно, предлагаемые мероприятия будут способствовать его снижению.

Аварии, которые происходят при проведении геофизических работ, случаются крайне редко. По данным Ростехнадзора Российской Федерации [6] за 2014–2019 гг. было зафиксировано 2 аварии, происшедших при проведении геофизических исследований скважин. Несчастных случаев со смертельным исходом при проведении комплекса геофизических исследований скважин (ГИС) не было.

На основе основных причин аварий нами произведено определение возможных сценариев чрезвычайных ситуаций на скважинах при проведении комплекса ГИС. Вероятность рассмотренных вариантов аварий невысокая.

Частота реализации опасности, качественное и количественное описание при проведении комплекса геофизических исследований в скважинах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Частота реализации опасности, качественное и количественное описание при проведении комплекса геофизических исследований в скважинах

Количественная мера	Качественная мера		
	Диапазон частоты реализации опасности, случаев/год		
Определение	диапазон		толкование
Случаи реализации опасности			
Многочисленные	более 1	10^0	более одного раза в год на объекте
Отдельные	1...0,1	10^{-1}	несколько случаев за десятилетие эксплуатации
Единичные	01...0,01	10^{-2}	один раз за время существования объекта
Маловероятные	0,001...0,0001	10^{-4}	отдельные случаи в практике
Редкие	0,0001...0,00001	10^{-5}	отдельные случаи в мировой практике
Уникальные	менее 0,000001	10^{-6}	возможны по законам природы

В соответствии с проанализированными данными по частоте реализации опасности аварий при проведении комплекса геофизических исследований в скважинах случаи реализации опасности для жизненного цикла объекта относятся к редким и уникальным.

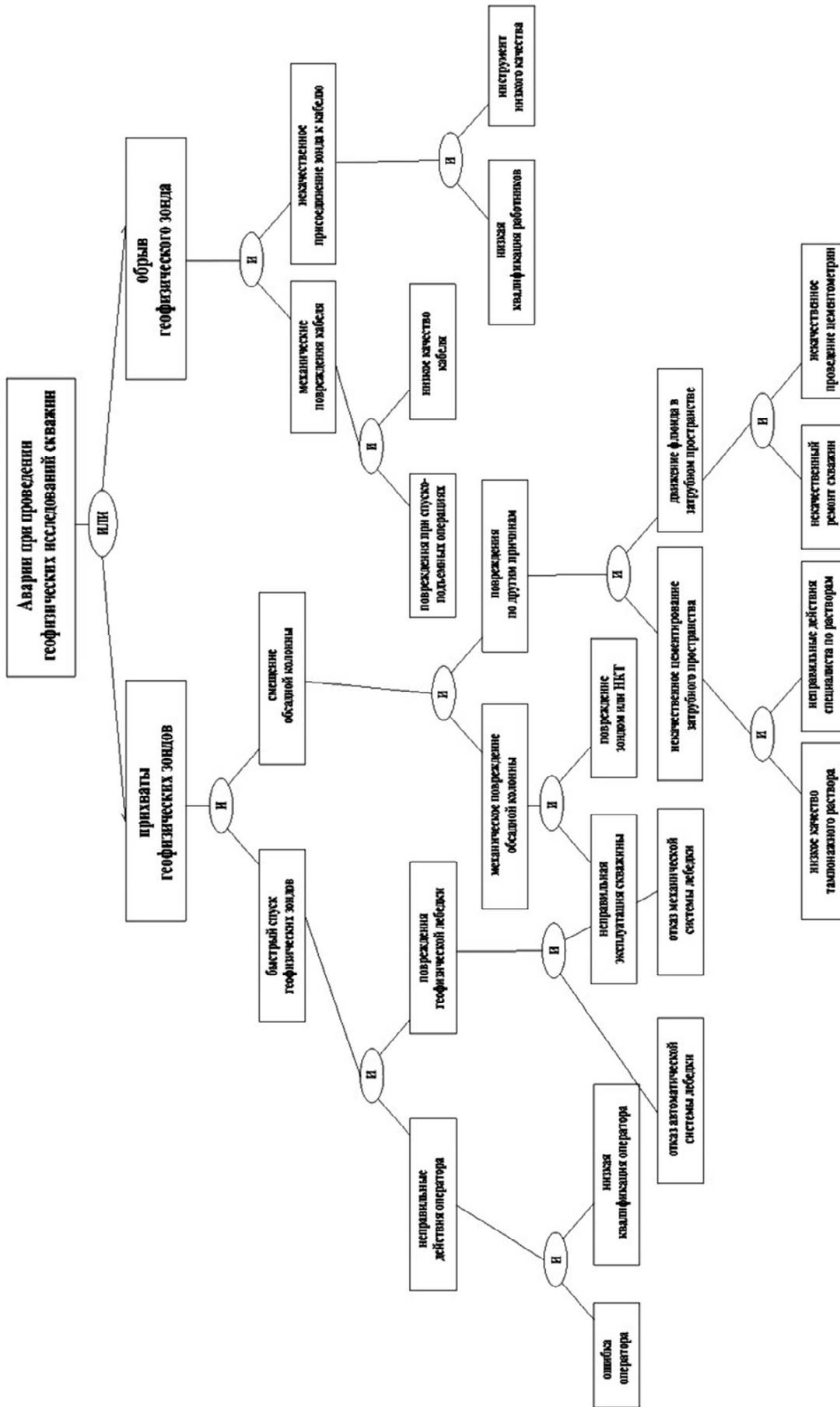


Рисунок 2 – «Дерево происшествий» при проведении геофизических исследований



Литература

1. Васин С.М. Управление рисками на предприятии : учебное пособие / С.М. Васин, В.С. Шутов. – М. : Издательство КНОРУС, 2016. – с. 300.
2. Быков А.А. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы / А.А. Быков, Н.В. Мурзин. – СПб. : Наука: С.-Петербург. изд. фирма, 1997. – с. 243.
3. Чернов Г.В. Управление рисками : учебное пособие / Г.В. Чернов, А.А. Кудрявцев. – М. : Издательство Проспект, 2008. – с. 160.
4. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для иностранных студентов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2014. – с. 198.
5. Галеев А.Д. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / А.Д. Галеев, С.И. Поникаров; Минобрнауки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Издательство КНИТУ, 2017. – с. 152.
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Ростехнадзор. – URL : <http://www.gosnadzor.ru>
7. Дмитренко Е.В. Предупреждение аварий при проведении геофизических исследований скважин на основе анализа риска / Е.В. Дмитренко, Ю.И. Захарченко, С.П. Шурай // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – М. : Издательство Панорама, 2018. – № 5. – С. 60–64.

References

1. Vasin S.M. Enterprise risk management : a training manual / S.M. Vasin, V.S. Shutov. – M. : KNORUS Publishing House, 2016. – p. 300.
2. Bykov A.A. Problems of the human, society and nature safety analysis / A.A. Bykov, N.V. Murzin. – St. Petersburg : Science: St.-Petersburg Publishing House, 1997. – p. 243.
3. Chernov G.V. Risk management: a textbook / G.V. Chernov, A.A. Kudryavtsev. – M. : Publishing House Prospect, 2008. – p. 160.
4. Krepsha N.V. Life safety: a textbook for foreign students / National Regional Research Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2014. – p. 198.
5. Galeev A.D. Risk analysis of accidents at hazardous production facilities: textbook / A.D. Galeev, S.I. Poni-karov; Ministry of Education and Science of Russia, Kazan National Research Technological University. – Kazan : KNI-TU Publishing House, 2017. – p. 152.
6. Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision Rostekhnadzor. – URL : <http://www.gosnadzor.ru>
7. Dmitrenko E.V. Accidents prevention at the well geophysical investigations on the basis of the risk analysis / E.V. Dmitrenko, Yu.I. Zakharchenko, S.P. Shurai // Labour protection and safety at the industrial enterprises. – M. : Panorama Publishing House, 2018. – № 5. – P. 60–64.