

УДК 584.83: 627.7

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-4-24-31>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2019

Оценка геокриологических рисков трассы линейной части подземного трубопровода, проложенного в многолетнемерзлых грунтах

Капитонова Т. А. *,
Стручкова Г. П.,

Институт физико-технических проблем Севера им. И. П. Ларионова СО РАН, 677980, Россия, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1

Левин А. И.,

Якутский научный центр Севера СО РАН, 677980, Россия, г. Якутск, ул. Петровского, д. 2

Аннотация

Проблема прогнозирования и оценки состояния подземных магистральных трубопроводов, проложенных в криолитозоне, относится к числу наиболее актуальных, приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований, так как нарушение их работы влияет на безопасность региона. Реальную опасность для подземных магистральных трубопроводов, проложенных в криолитозоне, представляет изменение состояния мерзлого грунта вокруг трубопровода, которое может привести к неравномерной просадке или выпучиванию грунта и, как следствие, к изгибу и повреждению трубопровода. Одним из методов обнаружения и идентификации опасных геокриологических процессов является геотехнический мониторинг, при котором в результате различных обследований оценивается состояние природно-технической системы. Материалы геотехнического мониторинга представляют собой разнородные, зависящие от многих факторов, взаимосвязанные данные. В результате анализа литературы, статистических данных по авариям и отказам аналогичных трубопроводов, знаний экспертов были определены факторы (концепты), получаемые из материалов геотехнического мониторинга и влияющие на динамику геокриологических процессов, поражающих трассу трубопровода. Анализ подобных слабоструктурированных данных сопряжен со многими трудностями и может быть выполнен с использованием методов когнитивного моделирования и технологий. В данной работе рассматривается оценка вероятности активизации геокриологических процессов на участке прохождения трубопровода и ранжирование участков трубопровода по степени опасности развития геокриологических процессов с использованием нечеткой логики и данных геотехнического мониторинга. Предложенная модель выполняется в среде Fuzzy Logic MATLAB с использованием алгоритма Мамдани. Результаты показывают, что данная модель может быть использована как инструмент анализа геокриологических рисков в задачах ранжирования участков магистрального трубопровода большой протяженности по степеням опасности на многолетнемерзлых грунтах.

Ключевые слова: оценка риска, магистральные трубопроводы, многолетнемерзлые грунты, данные мониторинга природно-технических систем, нечеткая логика, функция принадлежности, лингвистические переменные, база нечетких правил.

Для цитирования: Капитонова Т. А., Стручкова Г. П., Левин А. И. Оценка геокриологических рисков трассы линейной части подземного трубопровода, проложенного в многолетнемерзлых грунтах // Проблемы анализа риска. Т. 16. 2019. № 4. С. 24—31, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-4-24-31>

Assessment of the geocryological risks of the route of the linear part of the underground pipeline laid in permafrost soils

Kapitonova Tamara A.*,

Struchkova Galina P.,

V.P. Larionov's Institute of Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS

677980, Russia, Yakutsk, Oktyabrskaya St., 1

Levin Alexey I.,

Yakut Scientific Center Siberian Branch of the RAS

677980, Russia, Yakutsk, Petrovskogo St., 2

Annotation

The problem of forecasting and assessing the condition of underground pipelines laid in the cryolithozone is among the most urgent, priority areas of fundamental and applied research, as the violation of their work affects the security of the region. The real danger for underground pipelines laid in the cryolithozone is the change in the state of frozen soil around the pipeline, which can lead to uneven subsidence or buckling of the soil and, as a result, to bending and damage to the pipeline. One of the methods of detection and identification of dangerous geocryological processes is geotechnical monitoring, in which the state of the natural and technical system is estimated as a result of various surveys. Geotechnical monitoring materials are heterogeneous, dependent on many factors, interrelated data. As a result of the analysis of literature, statistical data on accidents and failures of similar pipelines, experts' knowledge, the factors (concepts) obtained from the materials of geotechnical monitoring and affecting the dynamics of geocryological processes affecting the pipeline route were determined. Analysis of such weakly structured data is associated with many difficulties and can be performed using cognitive modeling methods and technologies. In this paper we consider the evaluation of the probability of activation of geocryological processes in the pipeline section and ranking of pipeline sections according to the degree of danger of geocryological processes using fuzzy logic and geotechnical monitoring data. The proposed model is performed in Fuzzy Logic MATLAB using the Mamdani algorithm. The results show that the proposed model can be used as a tool for the analysis of geocryological risks in the problems of ranking sections of the long-distance trunk pipeline in terms of the degree of danger on permafrost soils.

Keywords: assessment, main pipelines, permafrost soils, monitoring data of natural and technical systems, fuzzy logic, membership function, linguistic variables, fuzzy rules base.

For citation: Kapitonova Tamara A., Struchkova Galina P., Levin Alexey I. Assessment of the geocryological risks of the route of the linear part of the underground pipeline laid in permafrost soils // Issues of Risk Analysis. Vol. 16. 2019. No. 4. P. 24—31, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-4-24-31>

Содержание

Введение

1. Материалы и методы

2. Результаты и обсуждение

Заключение

Литература

Введение

Магистральные трубопроводы, проложенные в криолитозоне, относятся к природно-техническим системам (ПТС), так как условия существования этих объектов взаимосвязаны, а проблема прогнозирования и оценки состояния таких систем относится к числу наиболее актуальных, приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований, так как нарушение их работы влияет на безопасность региона. Реальную опасность для подземных магистральных трубопроводов, проложенных в криолитозоне, представляет изменение состояния мерзлого грунта вокруг трубопровода.

Для своевременного обнаружения опасных участков несколько раз в год проводится оценка состояния магистрального трубопровода (МТ), функционирующего в сложных климатических условиях. Одним из таких методов является геотехнический мониторинг, при котором используется комплекс показателей, определяемых в результате различных обследований. Анализ данных многолетних мониторингов природно-технических систем, а также результаты работ в данной области показывают, что состояние технических систем находится в прямой зависимости от интенсивности развития природных и природно-техногенных процессов в ПТС.

По интенсивности проявления и степени воздействия на окружающую среду и трубопровод самое широкое развитие получили термоэрозионные и термокарстовые процессы. Причины их возникновения: снятие растительного покрова с нарушением почвенно-дернового горизонта; нарушение технологии укладки трубопровода в траншею, нарушение естественных поверхностных стоков [1, 2]. Термокарстовые явления в той или иной степени способствуют увеличению глубины сезонного протаивания в 1,7—2 раза и изменению формы поверхности в границах просеки. Заблачивание, связанное с условиями прохождения трассы магистральных трубопроводов (МТ) через мари, аласы, долины рек и ручьев, связано со слабой дренажирующей способностью грунтов. Особенно эти процессы распространены на пологой части водораздельных поверхностей долин рек. Развитие термокарстовых процессов приводит к неравномерной просадке грунта, образованию термокарстовых провалов, что вызывает: дополнительные напряже-

ния в теле конструкции, связанные с механическим перемещением, провисанием, перекручиванием трубопровода из-за изменения рельефа поверхности (протаивание и размывка грунтов); сложнодеформированное состояние конструкции, вызываемое пучением грунтов при промерзании и осадке, связанным с оттаиванием и замерзанием при циклических сезонных мерзлотных процессах, и, как следствие, повреждение трубопровода. Также возможно отклонение эксплуатационных параметров системы от проекта из-за различия свойств материалов и конструкций, нарушения технологий строительства и эксплуатации, человеческого фактора, непредсказуемости природно-климатических процессов и их влияния на техническую систему. Анализ подобных слабоструктурированных данных сопряжен со многими трудностями и может быть выполнен с использованием теории нечетких множеств, методов когнитивного моделирования и технологий [3—5].

Целью данной работы является исследование возможностей использования нечетких моделей и методических подходов для комплексного анализа разнородной информации при оценке и ранжировании потенциально опасных участков магистральных трубопроводов.

1. Материалы и методы

Как показывает анализ статистики аварийных ситуаций на магистральных трубопроводах, проложенных в многолетнемерзлых грунтах, часто аварии трубопровода повторяются в одних и тех же местах. Как правило, это зоны тектонических нарушений, речные переходы, места резких изменений рельефа, места активизации геокриогенных процессов. Участок трубопровода, на котором произошла потеря устойчивости грунтов при геокриологических изменениях местности, находится под сезонной знакопеременной нагрузкой, что приводит к развитию сначала микро-, а затем и макротрещин. Анализ аварийных ситуаций на трубопроводах северного исполнения показывает, что на газопроводе Мастах — Бэргэ — Якутск за последний период времени, с 2000 по 2016 г., отказы и аварии обусловлены в основном металлургическими дефектами (62%), связанными с несоблюдением технологии строительно-монтажных работ и длительным сроком эксплуатации трубопроводов, механическими повреждениями труб при земляных

работах (9%), природными явлениями (11%). Доля аварий, связанных с потерей устойчивости при геокриологических изменениях грунтов, заметно уменьшилась по сравнению с предыдущими периодами, когда эта группа составляла до 27% [6]. Уменьшение доли, возможно, связано со снижением активности геокриогенных процессов, но тем не менее она остается достаточно высокой, чтобы свидетельствовать о целесообразности и необходимости оценки опасности геокриологических рисков. По результатам анализа статистических данных по авариям на магистральных нефтепроводах доля природных факторов составляет 5—7% [7—9].

Геотехнический мониторинг современных трубопроводов, проложенных в криолитозоне, проводится с начала их эксплуатации. Для сбора, хранения и использования данных, полученных в результате геотехнического мониторинга линейных протяженных объектов, была создана база данных (БД). Основу базы данных составляет картографическая система. В качестве исходной информации для формирования базы данных используются материалы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и результаты их дешифрирования, данные наземных изыскательских и специальных работ, статистическая и природно-климатическая справочная информация, комплекс показателей, которые представляют собой разнородные, зависящие от многих факторов взаимосвязанные данные. Разнородность и неполнота входных данных об авариях и отказах о текущем состоянии участков трубопровода является основной сложностью оценки риска. В работе рассматривается оценка вероятности активизации геокриологических процессов на участке прохождения трубопровода и ранжирование участков трубопровода по данному показателю. В результате анализа литературы, статистических данных по авариям и отказам аналогичных трубопроводов, консультаций с экспертами были определены факторы (концепты), влияющие на динамику геокриологических процессов, поражающих трассу трубопровода. Уровень геокриологического риска на линейном участке магистрального трубопровода определяется совокупным влиянием этих факторов. Каждый фактор риска по-разному влияет на общий уровень риска, и для каждого фактора определяется его доля ответственности в общем уровне опасности. В качестве факторов, влияющих

на степень опасности развития термокарста, были определены следующие входные данные из БД геотехнического мониторинга: объемная льдистость грунта, вид грунта (супесь, суглинок, песок), уклон поверхности земли на участке, расстояние от имеющихся развитых термокарстовых форм до трубопровода, размеры пораженных процессом участков. Для оценки факторов риска были использованы системы нечеткого вывода по методу Мамдани в среде Fuzzy Logic MATLAB. Были выполнены основные этапы нечеткого вывода: 1) фаззификация входных параметров; 2) формирование базы правил системы нечеткого вывода; 3) агрегирование; 4) активизация подусловий в нечетких правилах продукций; 5) дефаззификация [10—12].

2. Результаты и обсуждение

В результате изучения рассматриваемой предметной области и консультаций с экспертами был выделен набор базовых факторов и их сочетаний, оказывающий существенное влияние на вероятность активизации геокриологических процессов, и определены критерии ранжирования участков по степени опасности при эксплуатации трубопровода, которые представлены в таблице. Термокарст особо опасен (3-я категория) на участках с объемной льдистостью более 0,2, в пределах которых встречены термокарстовые формы (провалы, озера и т. п.), расположенные ближе 100 м от оси трубопровода, или уклоны рельефа местности не менее 10° и размеры термокарстовых форм превышают 100 м. Термокарст опасен (2-я категория) на участках с уклонами менее 10° и размерами термокарстовых форм не менее 20 м, в пределах которых встречены залежи мономинерального льда, или суглинки/супеси с объемной льдистостью более 0,4, или пески с льдистостью более 0,3. Термокарст менее опасен (1-я категория) на участках с уклонами менее 10° на любых грунтах со льдистостью менее 0,3 (пески) или 0,4 (суглинки/супеси).

Проводим фаззификацию входных параметров для наиболее опасных участков: преобразование разнородных значений входных факторов (концептов) в лингвистические термы нечетких множеств с функциями принадлежности, полученными путем экспертного опроса. Термы льдистости: низкая — L_1 , средняя — L_2 и высокая — L_3 ; термы

Таблица. Критерии ранжирования участков по степени опасности

Table. Criteria for ranking sites by hazard

Факторы	3-я степень	2-я степень	1-я степень
Грунты	Любые	Любые	Любые
Льдистость	$L \geq 0,2$	$L > 0,4$ суглинки, супеси $L > 0,3$ песок	$L < 0,4$ суглинки, супеси $L < 0,3$ песок
Рельеф	Уклон $f > 5^\circ$	$5^\circ < f < 10^\circ$	
Гидрологические условия	< 100 м от трубы озера, болота		
Размеры участка поражения (просадка и обводнение поверхности в окрестности трубопровода)	≥ 100 м	≤ 20 м	

грунтов: суглинки — G1, супеси — G2, пески — G3; термы уклонов: U1, U2; термы гидрологических условий: h1, h2; термы размеров участков поражения: S1, S2. На рис. 1 представлены функции принадлежности для термов льдистости.

База правил сформирована на основании критериев ранжирования участков по степени опасности (табл. 1), полученных из анализа опроса экспертов, справочных и научно-методических материалов, и определяет отношения ввода-вывода нечеткими условными функциями, известными как нечеткие правила «если—то». На шаге нечеткого вывода каждой входной лингвистической переменной, по-

лученной в процессе фаззификации, проводится нечеткое моделирование, при этом используются база правил, нечеткая логика и алгебра нечетких множеств.

Далее выполнялось агрегирование, определение степени истинности каждой лингвистической оценки по каждому из правил систем нечеткого вывода. Для нечеткого вывода использовался алгоритм Мамдани (рис. 2). Дефаззификация нечеткого множества осуществлялась по методу центра тяжести полученной фигуры. Величина фактора геокриологического риска оценивалась по шкале от 0 до 5 баллов. В результате дефаззификации

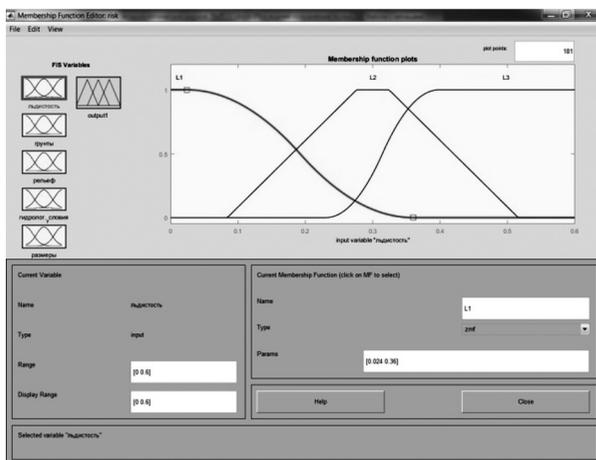


Рис. 1. Функции принадлежности переменной «льдистость»
Figure 1. The membership function of the variable ice

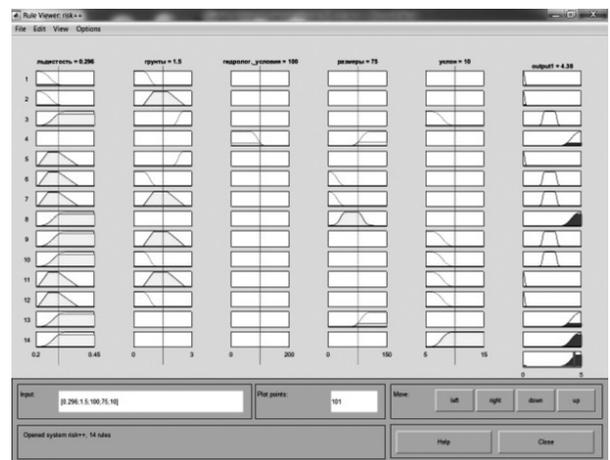


Рис. 2. Визуализация нечеткого вывода
Figure 2. Fuzzy output visualization

при рассмотрении примера получим, что при следующих значениях факторов: объемная льдистость грунта — 0,26, вид грунта (супесь, суглинок, песок), уклон поверхности 8° земли на участке, расстояние от имеющихся развитых термокарстовых форм до трубопровода 100 м, размеры пораженных процессом участков 75 м, значение фактора геокриологического риска будет равно 3,7; и для другого примера: объемная льдистость грунта 0,3, вид грунта (супесь, суглинок, песок), уклон поверхности земли на участке 9° , расстояние от имеющихся развитых термокарстовых форм до трубопровода 85 м, размеры пораженных процессом участков 100 м, значение фактора геокриологического риска будет равно 4,5.

С использованием данного подхода были ранжированы участки МТ по степени опасности геокриоло-

логического риска (с позиций оценки фактора как возможной причины аварии) с применением геоинформационных систем (рис. 3).

Предложенный подход оценки геокриологической опасности участков трубопровода на основе использования нечетких моделей и технологий позволяет оценить уровень потенциальной опасности на разных участках трубопровода и выбрать приоритетные участки для профилактических мер по снижению факторов риска. Однако данный подход является начальным этапом, так как взаимодействие подсистем природно-технической системы представляет собой сложный и многофакторный процесс и требует разработки моделей взаимного влияния природных процессов и технических систем друг на друга в динамике с учетом изменения характеристик геологической среды,

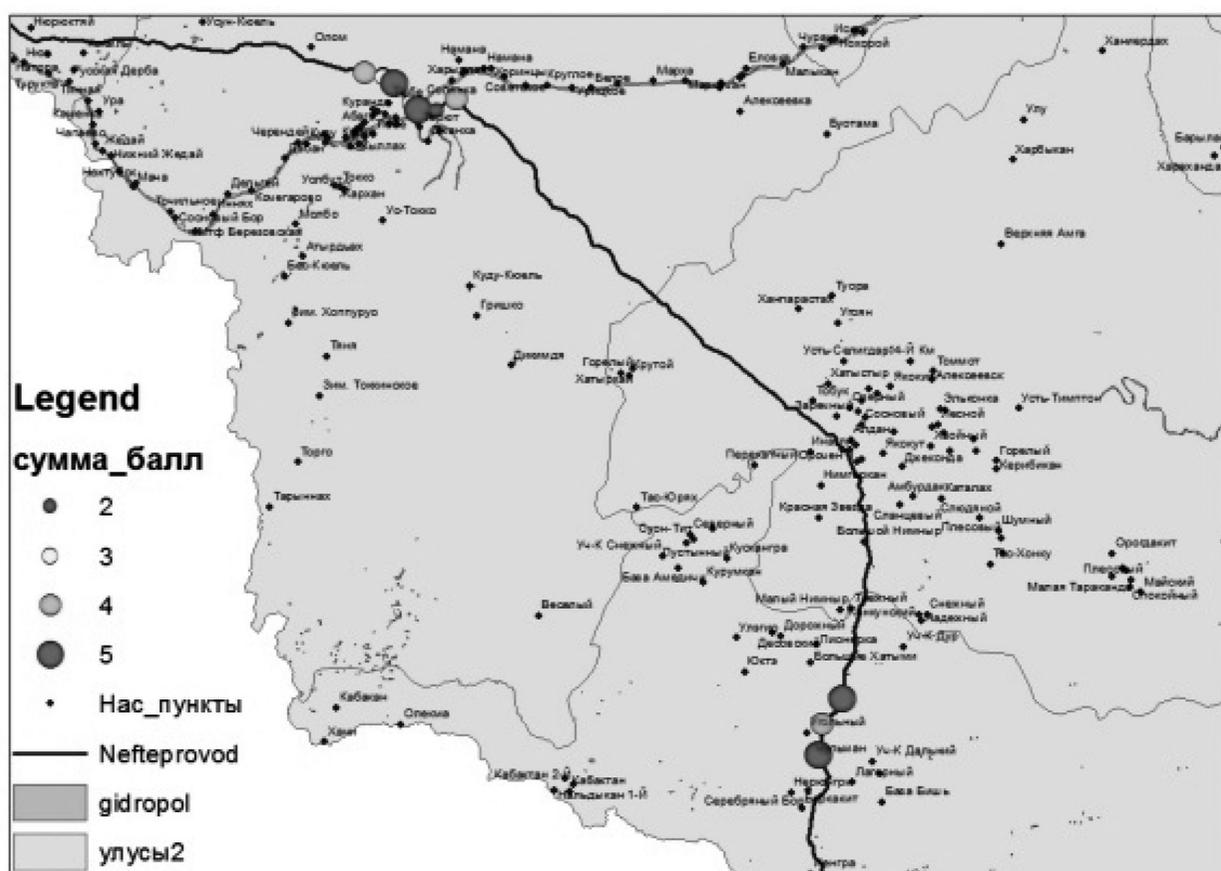


Рис. 3. Ранжирование участков МТ по степени опасности геокриологического риска

Figure 3. Ranking of areas of MT by the degree of danger of permafrost risk

климатических факторов и технологических режимов. Модель должна учитывать не только формирование и развитие аварийных ситуаций, но и, используя геоинформационные технологии и мониторинг по аэрокосмическим данным, должна обеспечивать возможность прогноза, предупреждения и локализации последствий аварий в зависимости от условий окружающей среды. Состояние безопасности объектов магистральных трубопроводов в мерзлых грунтах во многом определяется своевременным проведением необходимых инженерных мероприятий, позволяющих сократить вероятность возникновения аварий или уменьшить тяжесть их последствий.

Заключение

Изучение статистических данных позволило показать актуальность проблемы аварийности на трубопроводах, эксплуатирующихся в условиях криолитозоны, а также в общих чертах обозначить вклад различных факторов в формирование существующей картины надежности трубопроводов. При этом выявлено, что доля аварий, связанных с потерей устойчивости при геокриологических изменениях грунтов, остается достаточно высокой, чтобы свидетельствовать о целесообразности и необходимости оценки опасности геокриологических рисков.

Предложенный подход ранжирования участков магистрального нефтепровода большой протяженности по степеням опасности на многолетнемерзлых грунтах на основе использования нечетких моделей и технологий позволяет оценить уровень потенциальной опасности на разных участках трубопровода и выбрать приоритетные участки для профилактических мер по снижению факторов риска. Однако данный подход является начальным этапом, так как взаимодействие подсистем природно-технической системы представляет собой сложный и многофакторный процесс и требует разработки моделей взаимного влияния природных процессов и технических систем друг на друга в динамике с учетом изменения характеристик геологической среды, климатических факторов и технологических режимов.

Литература [References]

1. Слепцов О.И., Левин А.И., Стручкова Г.П., Семенова Т.И. Безопасность газодобывающей отрасли. В кн.: Безопасность Республики Саха (Якутия): социальные, экономические и техногенные проблемы / Под ред. В.Ю. Фридовского, В.А. Прохорова. Новосибирск: Наука, 2008. 296 с. Раздел 4. С. 249—257. [Sleptsov O.I., Levin A.I., Struchkova G.P., Semenova T.I. Safety of the gas industry. In: Security of the Republic of Sakha (Yakutia): social, economic and technological problems / edited by V.Yu. Fridovsky, V.A. Prokhorov. Novosibirsk: Science, 2008. 296 p. Section 4. P. 249—257 (Russia).]
2. Слепцов О.И., Лыглаев А.В., Капитонова Т.А., Стручкова Г.П. Исследование техногенных аварий и антропогенных воздействий на экологическую безопасность Республики Саха (Якутия) // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2007. №4. С. 88—94. [Sleptsov O.I., Lyglav A.V., Kapitonova T.A., Struchkova G.P. Study of technogenic accidents and anthropogenic impacts on the environmental safety of the Republic of Sakha (Yakutia) // Safety and emergencies problems. 2007. №4. P. 88—94 (Russia).]
3. Ахметханов Р.С., Дубинин Е.Ф., Кукова В.И. Применение нечетких множеств при оценке и управлении рисками // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2015. №4. С. 56—71. [Akhmetkhanov R.S., Dubinin E.F., Kuksova V.I. The use of fuzzy sets in assessing and managing risks // Safety and emergencies problems. 2015. №4. P. 56—71 (Russia).]
4. Ali Jamshidi, Abdolreza Yazdani-Chamzini, Siamak Haji Yakhchali, Sohrab Khaleghi. Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2013. V. 26. Issue 1, January. P. 197—208.
5. Anjuman Shahriar, Rehan Sadiq, Solomon Tesfamariam. Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2012. Vol. 25. Issue 3, May. P. 505—523.
6. Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Левин А.И. Анализ оценки риска магистрального газопровода Мастах — Бэргэ — Якутск, проложенного в криолитозоне // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. №6. С. 34—43. [Kapitonova T.A., Struchkova G.P., Levin A.I. Analysis of the risk assessment of the gas pipeline Mastah — Berge — Yakutsk, laid in the

- cryolithozone // Safety and emergencies problems. 2018. No. 6. P. 34—43 (Russia).]
7. Лисанов М.В., Сумской С.И., Савина А.В. и др. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2010. №3. С. 51—59 [Lisanov M. V., Sumskey S. I., Savina A. V. et al. Risk analysis of trunk pipelines in justifying design solutions that compensate for deviations from current safety requirements // Occupational safety in industry. 2010. № 3. P. 51—59 (Russia).]
 8. Лисанов М.В., Савина А.В., Дегтярев Д.В., Самусева Е.А. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. 2010. №3. С. 51—59. [Lisanov M. V., Savina A. V., Degtyarev D. V., Samuseva E. A. Analysis of Russian and foreign data on accidents at pipeline transportation facilities // Occupational safety in industry. 2010. №3. P. 51—59 (Russia).]
 9. Чухарева Н.В., Савицкий Р.В., Блохина О.Л. Анализ развития аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации трубопроводных систем в условиях Западной Сибири // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. S2. С. 454—460. [Chuhareva N. V., Savitsky R. V., Blokhina O. L. Analysis of the development of an emergency situation in the construction and operation of pipeline systems in the conditions of Western Siberia // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2011. S2. P. 454—460 (Russia).]
 10. Аверкин А.Н. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. М.: Книга по требованию. 2012. 312 с. [Averkin A. N. Fuzzy sets in control and artificial intelligence models. M.: Book on Demand, 2012. 312 p. (Russia).]
 11. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736 с. [Leonenkov A. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTech. SPb.: BHV-Petersburg, 2003. 736 p. (Russia).]
 12. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия — Телеком. 2007. 288 с. [Shtovba S. D. Design of fuzzy systems using MATLAB. M.: Hotline — Telecom, 2007. 288 p. (Russia).]

Сведения об авторах

Капитонова Тамара Афанасьевна: кандидат физико-математических наук, ученый секретарь, Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН (ИФТПС СО РАН)

Количество публикаций: 145

Область научных интересов: магистральные газопроводы, анализ риска, низкие температуры, тепломассоперенос в мерзлых грунтах, фазовый переход, статистический подход, геоинформационные технологии

Контактная информация:

Адрес: 677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1

Тел: +7 (4112) 39-06-05

E-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru

Стручкова Галина Прокопьевна: кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела геоинформатики, Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН (ИФТПС СО РАН)

Количество публикаций: 100

Область научных интересов: магистральные газопроводы, анализ риска, низкие температуры, тепломассоперенос в мерзлых грунтах, фазовый переход, статистический подход, геоинформационные технологии

Контактная информация:

Адрес: 677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1

Тел: +7 (4112) 39-05-50

E-mail: g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru

Левин Алексей Иванович: доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела ритмологии и эргономики, Якутский научный центр Сибирского отделения РАН (ЯНЦ СО РАН)

Количество публикаций: 77

Область научных интересов: магистральные газопроводы, надежность технических систем, анализ риска, низкие температуры, статистический подход, геоинформационные технологии

Контактная информация:

Адрес: 677980, г. Якутск, ул. Петровского, д. 2

Тел.: +7 (4112) 39-05-41

E-mail: a.i.levin@prez.ysn.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 15.04.2019

Дата принятия к публикации: 06.05.2019

Дата публикации: 30.08.2019

The authors declare no conflict of interest.

Came to edition: 15.04.2019

Date of acceptance to the publication: 06.05.2019

Date of publication: 30.08.2019