

УДК 327.7, 614.8; 634.131.7

EDN: WZGNZB

О проблемах застроенных территорий Республики Татарстан, связанных с их периодическим подтоплением

ISSN 1996-8493

© Технологии гражданской безопасности, 2023

Е.В. Арефьева, А.А. Лаврусевич, Е.И. Алексева

Аннотация

В статье приводится анализ подверженности территории Республики Татарстан опасным экзогенным природным процессам; сделан акцент на влиянии распространенного в Татарстане процесса подтопления, который на урбанизированных территориях может инициировать или активизировать такие опасные процессы, как: оползневые, карстовые, суффозионные и др. Выполнен анализ поражающих факторов при подтоплении и других экзогенных процессах, а также выполнена оценка природных процессов, отнесенных к процессам с климатическим фактором на территории республики; выявлены проблемные вопросы, требующие дальнейшего анализа и исследования.

Ключевые слова: экзогенные природные процессы; оценка подверженности; подтопление; карст; оползневые процессы; суффозия; абразия; комплексная оценка; чрезвычайная ситуация.

On the Problems of Built-up Areas of the Republic of Tatarstan Related to their Periodic Flooding

ISSN 1996-8493

© Civil Security Technology, 2023

E. Arefyeva, A. Lavrusevich, E. Alekseeva

Abstract

The article provides analysis of the Republic of Tatarstan territory exposure to exogenous hazardous natural processes, focusing on the influence of the flooding process widespread in Tatarstan, which in urbanized areas can initiate and activate other dangerous processes, such as landslides, karst, suffusion, etc. Analysis of damaging factors during flooding and other exogenous processes, as well as an assessment of natural processes classified as processes with a climatic factor on the territory of the republic, problematic issues requiring further analysis of the study were identified.

Key words: exogenous natural processes; exposure assessment; flooding; karst; landslide processes; suffusion; abrasion; comprehensive assessment; emergency situation.

21.12.2023

Введение

Одним из наиболее неблагоприятных процессов, влияющих на эксплуатационную надежность зданий и сооружений на застроенных территориях, является подтопление. Подтопление представляет собой процесс повышения уровня грунтовых вод в результате: инфильтрации дождевых осадков, таяния снега; многочисленных утечек из водонесущих коммуникаций; барражного эффекта от заглубленных помещений зданий; наличия слабоводопроницаемых грунтов; наличия промышленных предприятий с «мокрым технологическим процессом» и др. На застроенных территориях наибольшее распространение получили техногенное подтопление, а также комбинированное — техноприродное подтопление, образованное наложением природных и техногенных типов подтопления [1, 2]. При эксплуатации объектов техносферы и застроенной территории в целом основными причинами подтопления являются: инфильтрация в результате утечек производственных и бытовых вод из водонесущих коммуникаций и неоперативное устранение этих утечек; подпор; уменьшение испарения под асфальтированными покрытиями; нарушение условий поверхностного стока; утечки из трубопроводов и др. [1, 2].

По разным оценкам, от 45 до 80% аварий и обрушения зданий обусловлено прямым или косвенным действием подземных вод [3–5].

По данным зарубежных ученых, 67% повреждений зданий и сооружений было вызвано инфильтрацией воды в грунт, для Франции эта величина составила 40% [4, 5].

Подъем уровня грунтовых вод определяется инфильтрацией, как природной (атмосферные осадки), так и дополнительной — техногенной (утечки, полив зеленых насаждений). Инфильтрация осадков зависит от типа грунта и интенсивности дождя. Важным природным фактором, который необходимо учитывать при прогнозе подъема уровня грунтовых вод, является уровень воды в реках, водоемах. При плохо организованной системе ливневого стока обильные ливни (до 30–40 мм/12 часов) могут приводить к затоплению и подтоплению территорий, а также к образованию оползневых явлений, карстовых, суффозионных процессов. Влияние таяния снега и осадков на подъем УГВ достигает своего максимума в весенний период по окончании снеготаяния.

Застроенные территории следует рассматривать как природно-технические системы, при эксплуатации которых важную роль играют подземная гидросфера, геологическая среда в целом. В статье приведена типология действия поражающих факторов на объекты техносферы и застроенные территории при подтоплении и наведенных подтоплением процессов; выполнен анализ подверженности территории Республики Татарстан негативному влиянию экзогенных природных процессов; сформулированы в качестве выводов проблемные вопросы, требующие исследования и анализа.

Основная часть

1. Подтопление — как процесс, инициирующий экзогенные опасные природные процессы на урбанизированных территориях

Подтопление носит скрытый, латентный характер, но его последствия могут проявляться в виде внезапных провалов земной поверхности, обрушений зданий, инициации оползневых и др. процессов, приводящих к чрезвычайным ситуациям. В таблице 1 приведены первичные и вторичные поражающие факторы при подтоплении и наведенных подтоплением опасных природных процессов и их параметры, а также приводятся типы возможных чрезвычайных ситуаций [1, 2].

В соответствии с ГОСТ 22.0.06-2023¹ и ГОСТ Р 22.0.03-2020² к поражающим факторам при подтоплении относится подъем уровня грунтовых вод на защищаемой территории.

Для организации работ по защите объектов техносферы и застроенных территорий от подтопления и наведенных подтоплением процессов введем понятие «объект защиты». Под «объектом защиты» будем понимать: здание, сооружение, помещение, процесс, технологическую установку, часть техноприродной среды, примыкающей к защищаемому зданию, на которые направлено (может быть направлено) неблагоприятное воздействие первичных и вторичных поражающих факторов при подтоплении и наведенных подтоплением процессах, которые нуждаются в организации мероприятий по инженерной защите с целью предупреждения возникновения ЧС. Для отслеживания формирования неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических процессов необходимо: проводить непрерывный мониторинг окружающей среды, отслеживая изменения природной среды и технической компоненты застроенной территории в допустимых пределах колебаний контролируемых показателей; своевременно вырабатывать управленческие решения по минимизации действия поражающих факторов.

Для реализации этого положения целесообразно создание ситуационной геофильтрационной модели территории, которая объединяет в единый комплекс подсистемы: комплексного мониторинга (геологического, гидрогеологического, метеорологического, геотехнического); прогнозирования опасностей; выработки и принятия управленческого решения; системы инженерно-технических предупредительных и защитных мероприятий [6]. Система мониторинга и прогнозирования источников поражающих факторов, направленная на решение задач по предупреждению чрезвычайных ситуаций при подтоплении и его последствиях, — это информационно-диагностическая система наблюдений и контроля за подземной гидросферой, экзогенными и эндогенными процессами, состоянием подземных вод и состоянием системы

¹ ГОСТ 22.0.06-2023. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий.

² ГОСТ Р 22.0.03-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

Таблица 1

Поражающие факторы и их параметры при подтоплении и наведенных подтоплением процессов

№ п/п	Чрезвычайные ситуации, обусловленные подтоплением и наведенными им процессами	Поражающие факторы	Параметры поражающих факторов
ЧС, обусловленные действием первичных поражающих факторов при подтоплении			
1	ЧС, обусловленные снижением несущей способности грунтов в результате их обводнения, приводящие к деформации и обрушению зданий и сооружений	Длительное подтопление застроенных территорий; подъем уровня грунтовых вод, превышающего критические значения; изменения свойств грунтов	$H(x, y, t)$ — текущий уровень грунтовых вод, превышающий критический уровень; параметры грунтов, отвечающие за несущую способность
2	ЧС экологического характера, обусловленные заболоченностью застроенных территорий, ухудшением санитарно-гигиенического состояния жилых зданий	Длительное подтопление застроенных территорий; подъем уровня грунтовых вод, превышающего критические значения	$H(x, y, t)$ — текущий уровень грунтовых вод, превышающий критический уровень
3	ЧС, связанные с авариями и разрывом труб водонесущих подземных коммуникаций в результате действия агрессивной подземной гидросферы (коррозия водонесущих коммуникаций, заглубленных конструкций)	Химическая агрессивность подземной гидросферы на урбанизированных территориях	$H(x, y, t)$ — текущий уровень грунтовых вод, превышающий критический уровень; химический состав агрессивной среды
ЧС, обусловленные действием природных вторичных поражающих факторов в результате активизации опасных экзогенных процессов, обусловленных подтоплением территорий			
4	ЧС, обусловленные активизацией оползневых процессов	Смещение или отрыв масс горных пород на защищаемой территории; подъем уровня грунтовых вод, превышающего критические значения	Смещение или отрыв масс горных пород на защищаемой территории; $H(x, y, t)$ — текущий уровень грунтовых вод, превышающий критический уровень
5	ЧС, обусловленные действием карстово-суффозионных процессов,	Изменение рельефа, почвенного покрова и несущей способности грунтов на защищаемой территории; подъем уровня грунтовых вод, превышающего критические значения	Размеры карстовых воронок (глубина, диаметр, количество новых воронок в год); величина интенсивности растворения карстующихся пород
6	ЧС, обусловленные повышением сейсмической интенсивности в результате обводненности грунтов	Подъем уровня грунтовых вод, превышающего критические значения; сейсмическое событие магнитудой 5 баллов и более	Сейсмическая интенсивность территории; $H(x, y, t)$ — текущий уровень грунтовых вод, превышающий критический уровень
ЧС, обусловленные действием техногенных вторичных поражающих факторов			
7	ЧС на потенциально опасном объекте (ПОО) и критически важном объекте (КВО) в результате действия факторов 1-го и 2-го уровней, приводящих к техногенным авариям на ПОО, КВО	Поражающие факторы, возникающие в результате аварий на ПОО и КВО в результате действия факторов 1-го и 2-го уровней	Степень зараженности и загрязненности территории вследствие аварии на ПОО, в т. ч. на хвостохранилищах, шламонакопителях, в результате размыва дамб, разрушения защитных сооружений

«основание-фундамент» с целью обнаружения опасных сигналов, а также их обработки, контроля и анализа текущей информации для оценки и прогноза ситуации на объекте защиты и прилегающей территории [7]. На основании данных мониторинга природных явлений и условий застроенной территории, а также данных мониторинга техногенной составляющей застроенной территории формируется база данных для дальнейших исследований и решения задач, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций [7, 8].

2. Анализ подверженности Республики Татарстан опасным экзогенным природным процессам

Наибольшее количество населенных пунктов, подверженных негативному воздействию экзогенных геологических процессов (подтопление, оползневые явления, карстовые процессы, рост оврагов, размыв и разрушение берегов водных объектов) на территории

Республики Татарстан располагается в Актанышском, Аксубаевском, Апастовском, Верхнеуслонском, Камско-Устьинском, Кукморском, Лаишевском, Тукаевском, Ютазинском районах [9].

По результатам инженерно-геологических обследований [10] на территории Республики Татарстан основными опасными природными процессами являются: овражная эрозия, подтопление, оползневой процесс, карст и абразия берегов.

На рисунке 1 представлена карта комплексного воздействия опасных природных процессов на территории Республики Татарстан [9, 10].

Данные о распространенности опасных природных процессов на территории Республики Татарстан представлены в табл. 2 [10].

Одним из наиболее активных экзогенных процессов, преобразующих дневную поверхность Республики Татарстан, является овражная эрозия. Распространение этого процесса на территории республики крайне неравномерно и определяется: морфометрическими

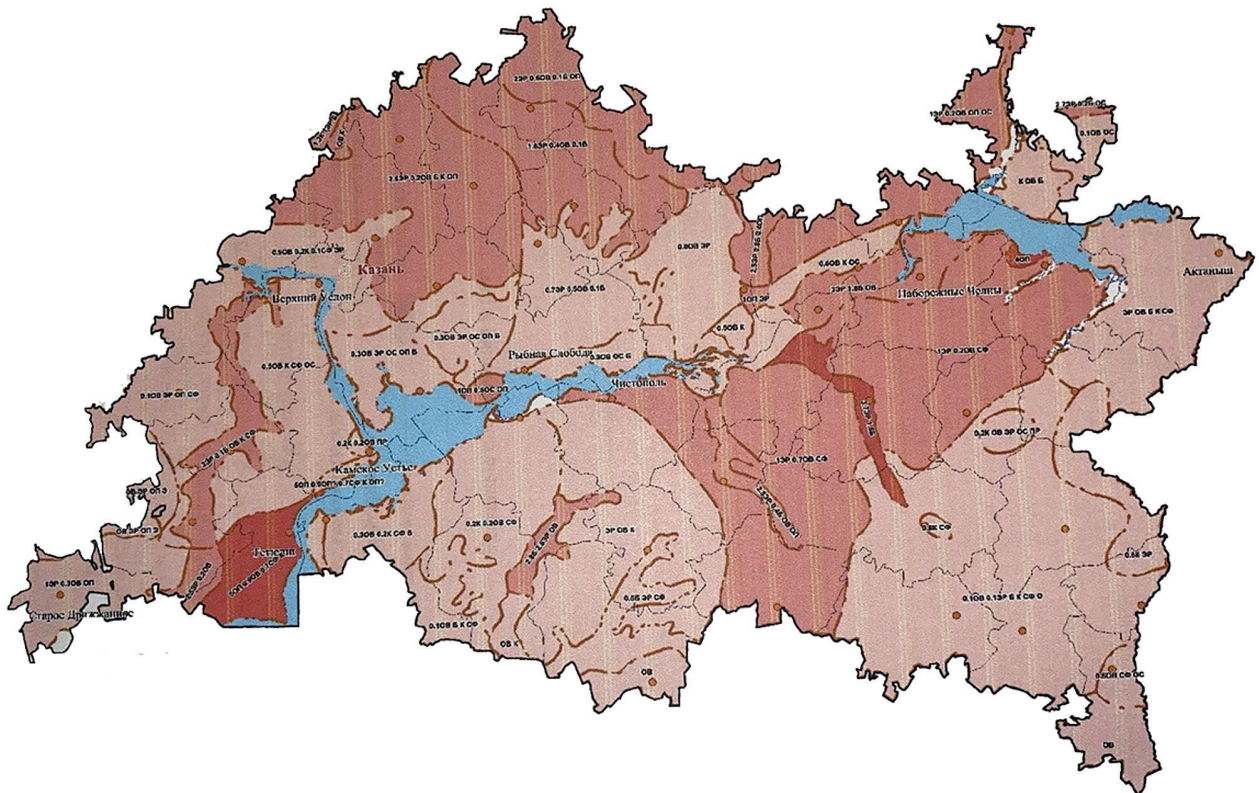


Рис. 1. Карта интенсивности пораженности территории экзогенными геологическими процессами территории Республики Татарстан. Легенда карты — интенсивность пораженности территории опасными природными процессами:

■ — сильная (3–10%); ■ — средняя (1–3%); ■ — слабая (менее 1%); □ — территория отсутствия или спорадического распространения опасных природных процессов

Общие сведения о развитии наиболее опасных экзогенных процессов на территории Республики Татарстан Таблица 2

№ п/п	Тип опасного природного процесса	Пораженность, % от общей площади территории Республики Татарстан	Площадь (пораженность) территории (линейных участков) развития опасного природного процесса, км ² (км)	Количество проявлений опасного природного процесса, ед.	Плотность проявлений опасного природного процесса, ед./км ²
1	Овражная эрозия	4,76	3225	3200	0,048
2	Подтопление	3,81	2593	281	0,005
3	Оползневой	0,28	190	3800	0,056
4	Карст	0,15	103	1025	0,016
5	Абразия берегов	0,14	96	1900	0,028

(уклон поверхности, длина склонов); геологическими (степень противозерозионной устойчивости, фильтрационная способность); почвенными условиями; уровнем техногенной нагрузки. Активизация овражной и речной эрозии наиболее вероятна на территориях девяти муниципальных районов (Арский, Дрожжановский, Камско-Устьинский, Нурлатский, Рыбно-Слободский, Тетюшский (г. Тетюши), Тукаевский, Черемшанский, Чистопольский).

На территории республики широко распространены карстовые формы рельефа. В настоящее время интенсивность образования карстовых провалов на территории республики увеличилась до 1–2 случаев в год в результате роста статических и динамических нагрузок зданий и сооружений на геологическую среду,

а также в результате изменения режима подземных вод на урбанизированных территориях, побережьях водохранилищ и в районах нефтегазодобычи. Карст четко локализуется в двух регионах: Волго-Вятском и Зай-Икском [9, 11]. В Волго-Вятском регионе он связан с растворением известняков, доломитов и гипсов. Наиболее интенсивно карст проявляется в пределах Вятского Увала, а также в других локальных структурах. Имеются и подземные карстовые формы — пещеры (Сюкеевские, Юрьевские, Морквашинская), эти карстовые формы — самые крупные не только в Республике Татарстан, но и в Поволжье. В Зай-Икском регионе карст приурочен главным образом к речным долинам, где местами плотность карстовых воронок весьма значительна. Регионы развития карста

являются неблагоприятными для строительства, особенно для создания водохранилищ, прудов и др. Ведению строительства на карстовых участках должны предшествовать специальные карстологические (в составе инженерно-геологических) изыскания и последующие предупредительные и защитные мероприятия [9, 11, 12].

Оползни на территории Республики Татарстан находятся как в стадии активного развития, так и в устойчивом состоянии. Оползневые явления на территории Республики Татарстан в основном распространены по правобережью р. Волга, а также по долинам рек Камы и Вятки. Основными причинами проявления оползневых процессов являются природные и техногенные явления: значительная крутизна склонов; близкое залегание подземных вод; подмыв и разрушение водами подошвы склонов; протечки из водонесущих коммуникаций; отсутствие подпорных и других укрепительных сооружений и т. д.

Довольно широкое распространение оползневые процессы получили в бассейне р. Свияга. Меньшее развитие оползневые процессы получили в бассейнах малых рек. В долине р. Волга оползни приурочены к правому ее берегу и наибольшее распространение получили к югу от Казани. Особенно сильно оползни развиты близ с. Кирельское, в 4 км выше Сюкеевского Взвоза, у г. Тетюши и от с. Монастырское до южных границ Татарстана. В долине р. Кама оползни распространены очень широко по обоим ее берегам. Наиболее интенсивно оползневые явления проявляются: в районе д. Чеганда (правый берег), против устья р. Белая; от устья Ижа до пос. Красный Бор; в районе д. Тихие Горы; в районе д. Бурки (левый берег); на правом берегу — д. Прости и Соболеково; у с. Покровское и с. Сорочьи Горы; близ г. Чистополь и с. Рыбная Слобода. Большое количество оползней имеется также на правом берегу р. Вятка, например: у г. Мамадыш, между дд. Новые Черкасы и Березовые Поляны, между д. Красная Горка и Беляев Починок, а также в устьевых частях притоков р. Вятка и других рек. Этот регион характеризуется в основном древними оползнями со средней величиной амплитуды.

3. Методы количественной оценки подверженности территории опасным природным процессам

Количественную оценку подверженности территории республики опасным природным процессам проводят различными методами [13, 14].

Для быстрой количественной оценки воздействия опасных природных процессов на территории Республики Татарстан в целом целесообразно воспользоваться Методическими рекомендациями Минэкономразвития России по вопросам адаптации к изменениям климата [13] и известными картами районирования территории республики по опасным природным процессам.

Выводы

Таким образом, наиболее опасными экзогенными процессами на территории Республики Татарстан являются: овражная эрозия, подтопление, оползни, карст, речная эрозия. При этом меры, принимаемые против подтопления, могут существенно снизить оползневую опасность, предотвратить карстовые и др. опасные экзогенные процессы.

Вместе с тем, в результате анализа фактического материала, карт подверженности территории Республики Татарстан, а также принимаемых мер можно сделать следующие выводы:

- недостаточно разработаны критерии критических глубин залегания грунтовых вод для оценки степени подтопленности территории применительно к различным видам объектов техносферы, особенно к уникальным объектам, таким как: памятники архитектуры, КВО, ПОО, что требует дальнейшего исследования и нормативного фиксирования;

- нет системной организованной работы (систематических исследований и комплексного мониторинга) по выявлению и отслеживанию техногенной нагрузки на подземную гидросферу застроенной территории (агрессивность среды, загрязнение углеводородами, тепловое загрязнение, кислотное и т. д.);

- недостаточно обоснованы и исследованы зависимости между колебаниями уровня грунтовых вод, повышением уровня грунтовых вод (УГВ) и формированием опасных инженерно-геологических процессов;

- требует дальнейшего изучения метода оценки влияния подтопления на экологическую безопасность лесопарковых зон;

- не оценивается должным образом непродуктивная потеря воды в водоводах и наблюдается большая потеря воды в водозаборах;

- недостаточно изучено влияние подтопления на санитарно-гигиеническую и медицинскую обстановку в городах (развитие и рост заболеваний);

- не исследовано должным образом влияние подтопления на снижение несущей способности грунтов оснований сооружений;

- не достаточно изучены, а значит и нет должной обеспеченности в прогнозировании карстово-суффозионной опасности при водоотборах, подтоплении и дренировании территорий (увеличение градиентов и скорости потока грунтовых вод ведет к выщелачиванию карбонатных пород, вымыванию рыхлых осадков, кальматировавших ранее трещины и пустоты).

Поэтому для эффективной выработки управленческих решений по снижению риска возникновения ЧС, обусловленных действием подземных вод, оползневых, карстовых и др. процессов, является создание системы управления риском и предупреждения таких ЧС [12].

Литература

1. Арефьева Е. В., Мухин В. И. Оценка территориальной безопасности при подтоплении. М.: АПГС МЧС России, 2008. 101 с.
2. Арефьева Е. В. Подтопление как потенциальный источник ЧС / Е. В. Арефьева, В. И. Мухин, Э. Г. Мирмович // Технологии гражданской безопасности. 2007. Т. 4. № 4(16). С. 69–73. EDN: KRSJWD.
3. Порывай Г. А. Предупреждение преждевременного износа зданий. М.: Стройиздат, 1979. 320 с.
4. Ройтман А. Г. Деформации и повреждения зданий. М.: Стройиздат, 1987. 159 с.
5. Редхати Л. Грунтовые воды в строительстве. М.: Стройиздат, 1989. 430 с.
6. Арефьева Е. В., Дзекцер Е. С. Система оптимального управления подземными водами в условиях застроенной территории // Водные ресурсы. 1994. Т. 21. № 3. С. 290–297.
7. Арефьева Е. В. Предупреждение чрезвычайных ситуаций при подтоплении: ситуационная геофильтрационная модель застроенной территории. Химки: АГЗ МЧС России, 2014. 181 с.
8. Арефьева Е. В. Система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, вызванных подтоплением объектов и территорий. Химки.: АГЗ МЧС России, 2004. 143 с.
9. Елкин В. А. Региональная оценка карстовой опасности и риска (На примере Республики Татарстан): Дис. ... к. геол.-минерал. н.: 25.00.08: Москва, 2004. 158 с.
10. Хазиахметова Ю. А. Комплексная геоэкологическая оценка и картографирование территории: Автореф. дис. ... к. геогр. н. Казань, 2005.
11. Глубинный карст и современные движения земной поверхности в Татарстане / К. М. Мирзоев, В. П. Степанов, Н. С. Гатиятуллин и др. // Георесурсы. 2006. № 1(18). С. 44–47.
12. Хоменко В. П., Лаврусевич А. А. Методологические принципы планирования инженерных изысканий на карстоопасных территориях: В сб.: Российский форум изыскателей. Сб. докладов IV Международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 141–147.
13. Приказ Минэкономразвития России от 13.05.2021 № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата».
14. Алексеева Е. И. Модели оценки подверженности застроенных территорий воздействию опасных природных процессов с климатическим фактором на основе систем нечеткого логического вывода типа Мамдани и типа Сугено / Е. И. Алексеева, Е. В. Арефьева // Технологии гражданской безопасности. 2022. Т. 19. № 3(73). С. 25–31. EDN: JFSUIO.

Сведения об авторах

Арефьева Елена Валентиновна: д. т. н., доц., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл. н. с. науч.-исслед. центра, Москва, Россия; Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ), проф. каф. промышл. и экологич. безопасности, Казань, Россия.
SPIN-код: 2738-6323.

Лаврусевич Андрей Александрович: д. геолого-минералог. н., проф., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), в. н. с. науч.-исслед. центра.
Москва, Россия.
SPIN-код: 9383-1829.

Алексеева Екатерина Ивановна: Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ), ст. препод. каф. промышл. и экологич. безопасности.
Казань, Россия.
SPIN-код: 2870-8044.

Information about authors

Arefyeva Elena V.: ScD (Technical Sc.), Associate Professor, VNIIGOS (FC), Chief researcher, Research Center, Moscow, Russia; Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Professor of the Department of Industrial and Environmental Safety, Kazan, Russia.
SPIN-scientific: 2738-6323.

Lavrusevich Andrey A.: ScD (Geological and Mineralogical Sc.), Professor, VNIIGOS (FC), Leading Researcher, Research Center.
Moscow, Russia.
SPIN-scientific: 9383-1829.

Alekseeva Ekaterina I.: Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Senior Lecturer, Department of Industrial and Environmental Safety.
Kazan, Russia.
SPIN-scientific: 2870-8044.