

ВТОРИЧНЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ

В. А. Минаев¹, М. П. Сычев¹, А. О. Фаддеев²,
В. М. Умывакин³, В. А. Бударина³

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

²Академия ФСИН России, г. Рязань

³Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 16 сентября 2016 г.

Аннотация: в статье анализируется влияние вторичных геодинамических факторов на эколого-геологическую безопасность территорий и населения. Среди этих факторов выделены электромагнитные и инфразвуковые поля, обусловленные «медленными» катастрофами геодинамического характера. Рассмотрена гипотеза о влиянии колебаний в диапазоне инфразвуковых частот на уровень онкологических заболеваний населения исследуемой территории.

Ключевые слова: эколого-геологическая безопасность территорий и населения, геодинамические факторы, математические модели, электромагнитное и инфразвуковое поля, здоровье населения, онкологические заболевания.

SECONDARY GEODYNAMIC FACTORS AND POPULATION SAFETY OF TERRITORIES

Abstract: influence of secondary geodynamic factors on the ecology-geological safety of territories and population is analysed. Among these factors are electromagnetic and infrasound fields caused by "slow" geodynamic nature catastrophes discussed. The hypothesis about the influence of infrasound field on the incidence of cancer diseases considered.

Keywords: ecological safety of territory and population, geodynamic factors, mathematical models, infrasonic and electromagnetic fields, public health, cancer diseases.

Введение

Результаты многочисленных исследований убедительно доказывают наличие неразрывной связи процессов и явлений, протекающих в различных земных «сферах» [1–5]. Аномальные явления в геофизической среде имеют многоуровневый характер и проявляются как комплексные, отражаясь в виде землетрясений в литосфере, необычных и особо опасных явлений, циклонов в атмосфере, магнитных бурь и ионосферных возмущений. Важно отметить, что аномальные явления, возникнув в одной сфере, могут вызвать возмущение в других природных сферах [2].

Так, в результате изменения суммарной гравитационной напряженности в окрестностях Земли происходит попеременное сжатие и растяжение земной коры, вызывающее в слоях геологической породы накопление упругих напряжений. При зацеплении тектонических блоков литосферные электромагнитные поля в области сжатия будут подавляться, а в области растяжения усиливаться. В атмосфере начнется направленное движение заряженных частиц, вызывающее генерацию мощных электромагнитных полей [4–8].

Помимо землетрясений, существуют еще и скрытые опасности, так называемые «медленные катастрофы», о которых мы будем говорить далее более подробно в этой статье. Такие катастрофы тесно связаны с опасными геодинамическими процессами, но проявляются не сразу, а постепенно накапливают изменения в окружающей среде, негативно влияя на здоровье населения, а также на состояние зданий, сооружений и сетей коммуникаций. «Медленные» катастрофы могут проявляться как через ряд геодинамических процессов, таких как крип, оползень, проседание и т.п., так и через так называемые вторичные геодинамические факторы. Например, к таким факторам относится генерация мощного геоэлектрического поля или генерация опасных для человека колебаний инфразвукового диапазона.

Материалы и методы исследований

Как известно, напряженность электромагнитного поля в приземном слое при нормальных условиях колеблется между 100 и 200 В/м [7]. При землетрясении напряженность поля около земной

поверхности увеличивается в тысячу раз, до 200000 В/м [4, 5].

Рассмотрим зависимость $n_0 = f(E)$ [4] концентрации заряженных частиц n_0 от величины напряженности электростатического поля E (рис.1). Начиная с

некоторого значения концентрации подвижных носителей, возникает лавинообразное нарастание концентрации ионов, и в атмосфере начинается самостоятельный разряд (участок № 3 на рис. 1). Именно на этом этапе и наблюдается свечение атмосферы, на небе видны всполохи и молнии.

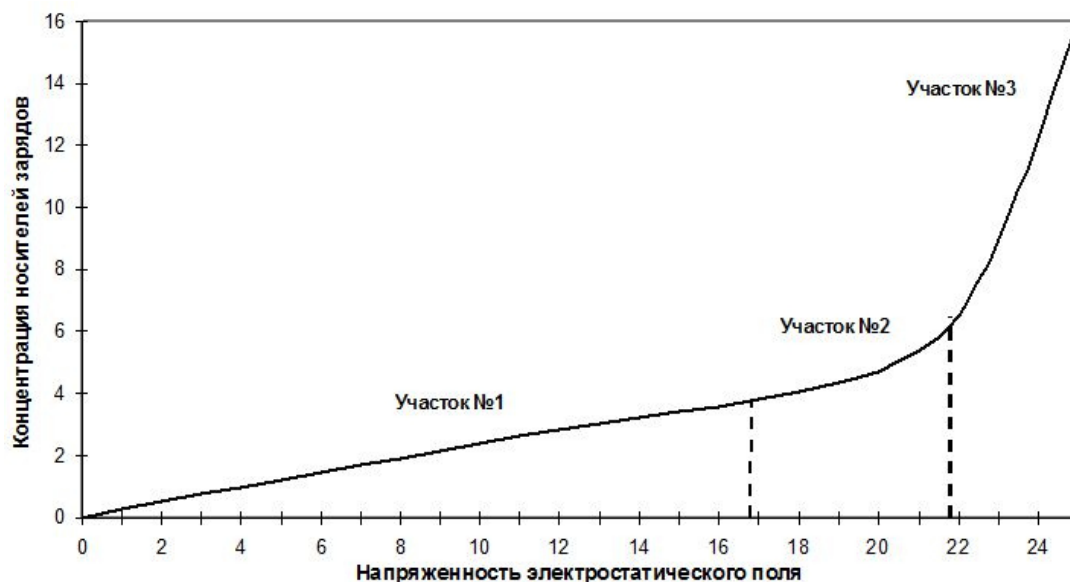


Рис. 1. Зависимость концентрации подвижных носителей заряда в воздухе (в условных единицах) от напряженности электростатического поля (в условных единицах).

Кроме электромагнитного поля, при катастрофических землетрясениях (8 баллов и более) возникают многочисленные опасные последствия – разного рода травмы, возникающие из-за обвалов и обрушений стен и крыш, от падения частей зданий и неоправданных действий людей, находящихся в паническом состоянии и страхе. Имеются статистические данные о поведении людей в экстремальных ситуациях подобного рода (рис. 2) [4]:

P₁ – обвалы и обрушения стен и крыш;

P₂ – падения штукатурки, кирпичей, предметов домашнего обихода;

P₃ – поведение пострадавших (паника, страх, неосознанные действия, выпрыгивание из окон верхних этажей).

Обращает на себя внимание факт явного превышения числа травм, обусловленных психическим состоянием людей (55 %) над другими, вместе взятыми. В далекой от эпицентра 3–4 балльной зоне проявления сильного землетрясения при частотах колебаний 0,3–0,5 Гц и амплитуде смещения пород 0,1–0,5 мм некоторые люди, особенно женщины, ощущают головокружение. В 4–5-балльной зоне, где амплитуды смещения равны 1,0–4,0 мм, в той же полосе частот довольно значительное количество людей испытывает состояние тошноты. При землетрясениях в 7–8 баллов, преимущественно в эпицентральной зоне, высокочастотный спектр колебаний 1,0–30 Гц имеет амплитуду колебаний около 4–8 мм. Люди испытывают панический страх, теряют самоконтроль и т.п. [4].

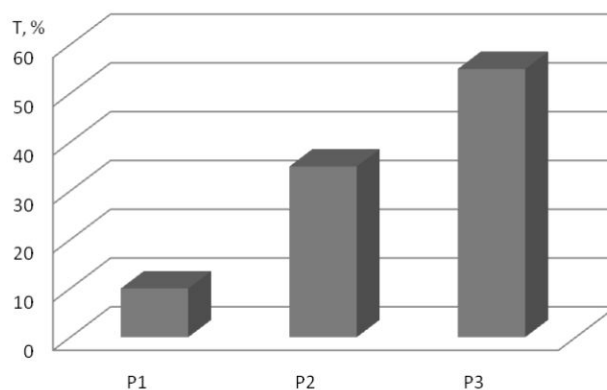


Рис. 2. Распределение количества травм и смертей в процессе землетрясений (в %) [4].

Все это говорит о том, что на человека при землетрясениях воздействуют мощные колебания в диапазоне инфразвуковых частот. Исследования в авиационной и космической отраслях [8] подтверждают, что наиболее опасны для здоровья населения резонансные частоты. При их проявлении частота собственных колебаний тела или отдельных органов совпадает с частотой вынужденных колебаний. При этом не только усиливаются физиологические реакции организма, но также могут возникать механические повреждения тканей и органов.

Первый резонанс всего тела при вибрации по продольной оси человека соответствует частотам 4–5 Гц, второй возникает на частотах 12–24 Гц, при частотах

20–30 Гц наблюдается резонанс головы, а при 60 Гц – глазных яблок. Низкочастотные колебания (от долей герца до 3–4 Гц) – раздражители вестибулярного аппарата, под воздействием которых возникают головокружение, тошнота, рвота, потливость, потеря пространственной ориентации. При механических колебаниях головного мозга внутри черепной коробки при больших амплитудах (более 4 мм) с частотой около 7 Гц у людей появляется страх, возникают острые психические заболевания. В ряде случаев подобные реакции возникают в районах разработки месторождений полезных ископаемых при возникновении техногенной сейсмичности в результате проведения буровзрывных работ [9, 10].

Рассмотрим случай, когда внешне сейсмические события не проявляются, а имеют место постоянные незначительные геодинамические подвижки, так называемый «крип». В работе [11] авторами исследовались такие виды геодинамических опасных явлений, как «медленные катастрофы», упоминаемые нами ранее в настоящей статье.

Более конкретно, что под «медленными катастрофами» понимаются процессы возникновения негативных тенденций изменения состояния ландшафтно-геологических территориальных комплексов, их последующей трансформации, приводящей в итоге к нарушению их нормального функционирования, дезорганизации внутренней структуры, нарушению связей с окружающей средой и иных отрицательных последствий.

Источниками подготовки и протекания «медленных» катастроф выступают геодинамические подвижки по тектоническим разломам и сопутствующие им деформации верхних частей земной коры. Подобные подвижки приводят не только к появлению и накоплению деформаций в приповерхностных грунтах, опорах, несущих конструкциях, зданиях, сооружениях [5], развитию оползневых и эрозионных процессов [12], но и выступают одной из причин генерации инфразвуковых полей биоактивного диапазона, негативно влияющих на состояние здоровья населения [2, 6].

Исследования, выполненные рядом авторов, показали, что здоровье и жизнедеятельность человека находятся в прямой зависимости от полей биоактивного диапазона, генетически связанных с сетью тектонических разломных структур верхней части земной коры [2, 9, 12]. Влияние вторичного геодинамического фактора – колебаний в диапазоне инфразвуковых частот, может проявляться как во время реализации крупного сейсмического события, так и латентно, с постепенным накоплением негативных изменений в окружающей среде, что и представляет собой «медленную» катастрофу применительно к антропогенной составляющей каждого ландшафтно-геологического территориального комплекса.

Полученные результаты

В данной статье сделана попытка оценить эколого-геологический риск воздействия на здоровье населе-

ния инфразвуковых колебаний, превышающих предельно допустимые нормы для исследуемой урбанизированной территории в центральной части Восточно-Европейской платформы. При этом исследовались территориальные различия онкологических заболеваний населения с учетом их связи с пространственным распределением таких геофизических характеристик геологической среды как современные вертикальные и горизонтальные смещения.

Значительная часть исследуемой урбанизированной территории, как показали наши исследования, охвачена процессом геодинамического опускания [13]. Это опускание достаточно градиентно, что указывает на значительные вертикальные деформации. На остальной части исследуемой территории наблюдается геодинамическое поднятие, которое имеет градиентность, значительно меньшую, чем опускание. Что касается векторов горизонтальных смещений, то их ориентация говорит о том, что исследуемая территория представляет собой достаточно сложную геологическую структуру, «рассеченную» целой совокупностью тектонических разломных нарушений геологической среды.

Рассмотрим процедуру оценки величин сдвиговых деформаций и их скоростей в геологической среде. Используя данные о современных вертикальных и горизонтальных смещениях, можно рассчитать величины сдвиговых деформаций на основании следующих соотношений:

$$\begin{cases} \gamma_{xz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x} \right), \\ \gamma_{yz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y} \right), \\ \gamma_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right), \end{cases} \quad (1)$$

где γ_{xz} , γ_{yz} , γ_{xy} – деформации сдвига в плоскостях XZ, YZ, XY соответственно; u_x , u_y , u_z – составляющие полного вектора смещений в геологической среде.

Согласно соотношениям (1), необходимо численно оценить градиенты составляющих полного вектора смещений в геологической среде по указанным направлениям (по координатным осям X, Y и Z). Однако, если градиенты составляющих u_x , u_y , u_z по осям X и Y можно оценить однозначно, то градиенты составляющих u_x и u_y по оси Z определить не представляется возможным, так как неизвестен характер изменения этих величин с изменением глубины. Поэтому, согласно работе [8], сделаем следующее допущение: перемещения u_x , u_y , u_z не зависят от координаты z и остаются постоянными по всей глубине слоя геологической среды. В этом случае формулы (1) преобразуются в соотношения вида:

$$\begin{cases} \gamma_{xz} = \frac{1}{2} \frac{\partial u_z}{\partial x}, \\ \gamma_{yz} = \frac{1}{2} \frac{\partial u_z}{\partial y}, \\ \gamma_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right). \end{cases} \quad (2)$$

Нахождение градиентов компонент полного вектора смещений в геологической среде, входящих в соотношения (2), выполнялось с помощью известной формулы численного дифференцирования при равномерно расположенных узлах [14]. По рассчитанным таким образом значениям сдвиговых деформаций γ_{xz} , γ_{yz} , γ_{xy} определялась величина полной деформации сдвига в каждой расчетной точке исследуемой территории по формуле:

$$\gamma = \sqrt{\gamma_{xz}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xy}^2}. \quad (3)$$

Подчеркнем, что для оценок воздействия вторичных геодинамических факторов нужны не сами деформации сдвига, а их скорости. Численные расчеты значений скоростей сдвиговых деформаций показали, что они составляют величину порядка $10^{-12} \div 10^{-11} \text{ с}^{-1}$, т.е. находятся в достаточно хорошем соответствии с аналогичными оценками для платформенных территорий, приведенными в работах [8, 15, 16].

На основе выполненных расчетов построена карта

пространственного распределения скоростей сдвиговых деформаций для исследуемой территории (рис. 3). Анализ этой карты позволяет заключить, что на большей части территории доминируют значительные по своей величине скорости деформаций сдвига (более $1,0 \times 10^{-11} \text{ с}^{-1}$), а на отдельных территориальных участках скорости составляют $2,0 \times 10^{-11} \text{ с}^{-1}$ и даже более – $3,0 \times 10^{-11} \text{ с}^{-1}$. Именно на этих участках наблюдаются проявления таких опасных геодинамических процессов как оползни, проседания, провалы, а также регистрируются проявления вторичных геодинамических факторов, влияющих на физическое здоровье и психику населения.

Рассмотрим воздействие на здоровье населения вторичного геодинамического фактора – колебаний инфразвукового диапазона, генерируемых при деформациях в геологической среде. Инфразвук характеризуется огромной проникающей способностью, благодаря его малому поглощению. Так, при распространении в водной среде и в атмосфере инфразвуковые волны частотой 10–20 Гц затухают на расстоянии 1000 км не более чем на несколько Дб (децибел). Поэтому из-за малого поглощения и рассеяния инфразвук может распространяться на очень большие расстояния.

Инфразвуковое давление p оценивалось на основании следующего соотношения:

$$p = 2\pi\rho V u, \quad (4)$$

где V – частота инфразвуковых колебаний; ρ – плотность геологической среды; V – скорость распространения инфразвуковых колебаний в геологической среде; u – амплитуда смещений в геологической среде.

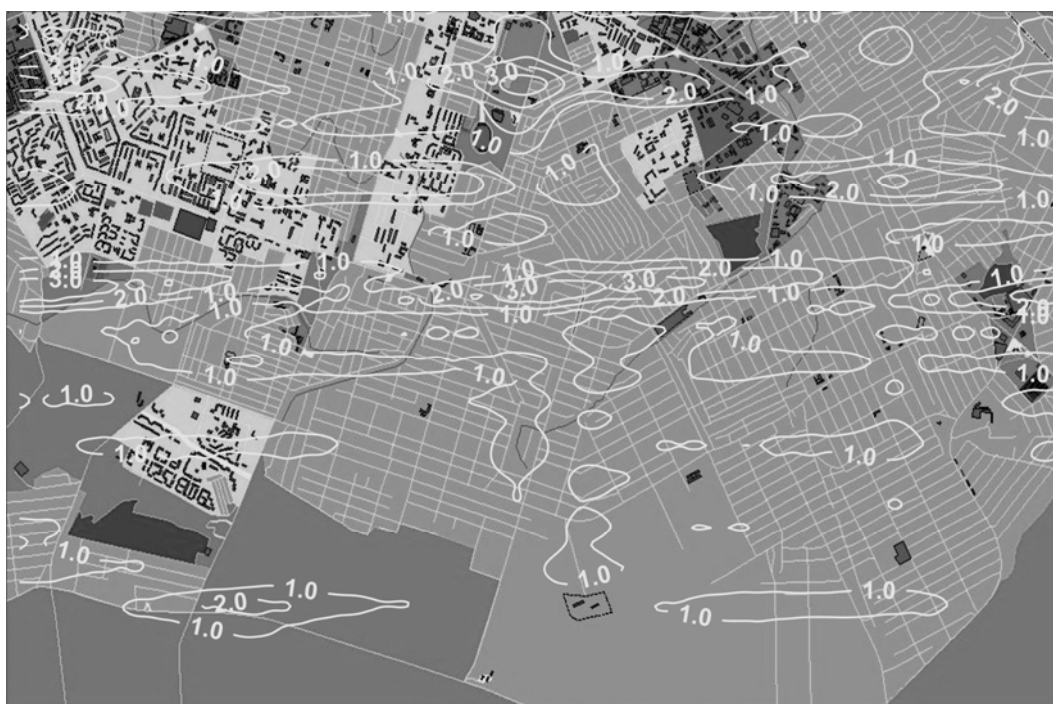


Рис. 3. Распределение скоростей сдвиговых деформаций ($\text{с}^{-1} \times 10^{-11}$) для исследуемой территории

Рассмотрим распределение величин инфразвукового давления на исследуемой территории в октавной полосе со среднегеометрической частотой 2 Гц (рис. 4).

Распределения в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 4 Гц, 8 Гц и 16 Гц аналогичны распределению, приведенному на рис. 4. Отличие их состоит только в значениях инфразвукового давления, генерируемого элементарным объемом геологической среды. При этом величины давления увеличи-

ваются пропорционально возрастанию частоты инфразвука.

В результате проведенного исследования получены оценки уровня инфразвукового давления для следующих объемов геологической среды: 100 м³, 1000 м³, 10000 м³. Для этих объемов уровни инфразвукового диапазона являются опасными геодинамическими факторами для здоровья населения исследуемой урбанизированной территории (рис. 5).



Рис. 4. Распределение инфразвукового давления на исследуемой территории в октавной полосе со среднегеометрической частотой 2 Гц

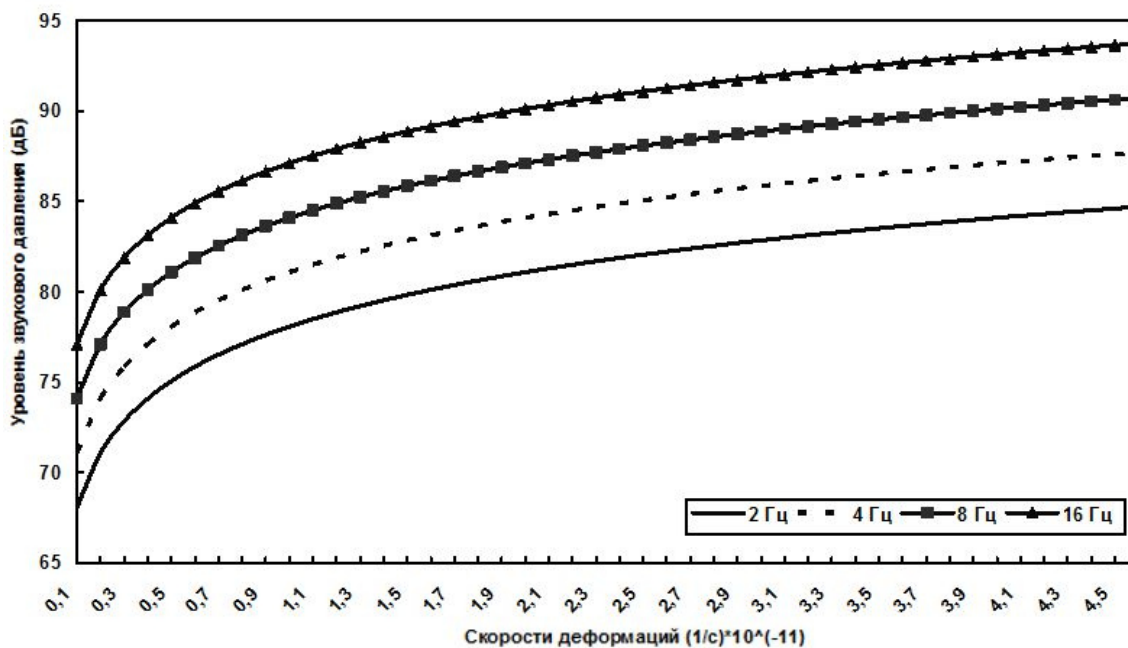


Рис. 5. Зависимость уровня инфразвукового давления, исходящего от 1000 м³ объема геологической среды, от скорости деформаций

Рассмотрим соответствие построенных распределений уровней инфразвукового давления (на примере уровня давления, исходящего от 1000 м^3 объема геологической среды при частоте инфразвуковых колебаний 2 Гц) и пространственного распределения на исследуемой территории заболеваний населения онкологического характера. На рис. 6 территориальные участки, неблагоприятные с точки зрения онкологического

заболеваний, оконтурены жирными линиями белого цвета. Очевидна взаимосвязь между распределениями наибольших уровней инфразвукового давления (превышающих предельно допустимые нормы) и уровнем онкологических заболеваний населения. При этом не следует забывать о крайне малом поглощении и рассеянии инфразвука и его способности распространяться на очень большие расстояния.



Рис. 6. Распределение уровня инфразвукового давления для исследуемой территории, исходящего от 1000 м^3 геологической среды при частоте 2 Гц

Выводы

Выявлено, что проявления вторичного геодинамического фактора, связанного с генерацией колебаний инфразвукового диапазона, могут в фоновом режиме протекания геодинамических процессов существенно повлиять не только на комфортность окружающей среды, но и на состояние здоровья населения.

Таким образом, при оценке эколого-геологической безопасности урбанизированных территорий необходимо учитывать вторичные геодинамические факторы в виде мощного электромагнитного поля и колебаний в диапазоне инфразвуковых частот, которые могут создавать медико-экологические аномалии среды обитания человека, включая повышенный уровень онкологических заболеваний населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ сейсмического риска. Спасение и жизнеобеспечение населения при катастрофических землетрясениях / Шойгу С. К. [и др.]. – М.: ГКЧС. – 1992. – 176 с.
2. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т.2. Циклическая динамика в природе и обществе. / Под ред. Гамбурцева А. Г. – М.: Науч. мир. – 1998. – 432 с.

3. Котлов, Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека / Ф. В. Котлов. – М.: Недра. – 1978. – 263 с.
4. Ананьин, И. В. Об изменении напряженности электрического поля перед и во время землетрясения / И. В. Ананьин // Проблемы сейсмичности Восточно-Европейской платформы. – М.: ОИФЗ РАН. – 2000. – С. 44–50.
5. Иванов, В. В. О геомеханической природе потенциалов электрического поля в земной коре / В. В. Иванов, Б. Г. Тарасов, Э. Д. Кузьменко, Н. В. Гордийчук // Изв. вузов. Геология и разведка, 1991. – № 3. – С. 101–104.
6. Сараев, В. А. Отражение структуры литосферы в поле грозовой активности / В. А. Сараев, Н. Т. Иванова // Геология, стратиграфия и полезные ископаемые Сибири: сб. науч. тр. – Томск: Изд-во ТГУ. – 1979. – С. 45–48.
7. Манойлов, В. Е. Электричество и человек / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат. – 1983. – 152 с.
8. Минаев, В. А. Оценки геоэкологических рисков. Моделирование безопасности туристско-рекреационных территорий / В. А. Минаев, А. О. Фаддеев. – М.: Финансы и статистика. – 2009. – 370 с.
9. Косинова, И. И. Экогеосистемы районов разработки железорудных месторождений КМА / И. И. Косинова, Т. А. Барабошкина // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика): коллективная монография. – Воронеж: Воронеж. обл. тип. – 2015. – С. 236–281.

10. Косинова, И. И. Геоэкологические последствия открытой разработки месторождений КМА / И. И. Косинова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1996. – № 1. – С. 176–179.
11. Минаев, В. А. Медленные катастрофы как причины возникновения чрезвычайных ситуаций / В. А. Минаев, А. О. Фаддеев, Р. М. Данилов // Проблемы управления рисками в техносфере, 2010. – № 2 (15). – С. 36–50.
12. Бударина, В. А. Методологические аспекты интегральной оценки эколого-геологического риска эрозивной деградации речных водосборов / В. А. Бударина, В. М. Умывакин // Геориск. – 2016. – № 1. – С. 30–35.
13. Умывакин В. М. Квалиметрические модели оценки экологической опасности для природно-хозяйственных систем / В. М. Умывакин // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер.5. География. – 2014. – №1. – С. 17-23.
14. Биоиндикация наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
15. Гласко М. П. Морфоструктурные узлы – места активизации природных процессов / М. П. Гласко, Е. Я. Ранцман // Докл. РАН. – 1996. – Т. 350, №3. – С. 397–400.
16. Пирумов У. Г. Численные методы / У. Г. Пирумов. – М.: Дрофа, 2003. – 224 с.
17. Замесов Н. Ф. Прогнозирование исходных полей напряжений в рудных месторождениях / Н. Ф. Замесов, И. И. Дзема. – М.: ИПКОН АН СССР, 1987. – 182 с.
18. Минаев В. А. Геоэкологические риски и геоэкологическая территориальная безопасность: модели оценки // В. А. Минаев, А. О. Фаддеев // Вестн. Рос. нового ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. – Вып. 3. – С. 59-65.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Минаев Владимир Александрович, Профессор кафедры защиты информации, доктор технических наук, профессор
E-mail: mIva@yandex.ru
Тел.: 8-916-294-92-90

Сычев Михаил Павлович, заведующий кафедрой защиты информации, доктор технических наук, профессор
Тел.: 8-925-740-93-09

Академия ФСИН России

Фаддеев Александр Олегович, Профессор кафедры математики и информационных технологий управления, д.т.н., доцент

E-mail: fao1@mail.ru
Тел.: 8-915-618-92-15

Воронежский Государственный Университет

Умывакин Василий Митрофанович, профессор кафедры математических методов исследования операций, доктор географических наук, доцент
E-mail: umyvakin@mail.ru
Тел.: 8 (473) 220-82-82

Бударина Виктория Александровна, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологической геологии
E-mail: budarinav@yandex.ru
Тел.: 8 (473) 220-82-89

Bauman Moscow State Technical University

Minaev V. A., Professor of Information security Department ,
Doctor of Technical Science, Professor
E-mail: mIva@yandex.ru
Phone: 8-916-294-92-90

Sychev M. P., The head of Information security department ,
Doctor of Technical Science, Professor
E-mail: mpsichov@sm.bmstu.ru
Tel.: 8-925-740-93-09

Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia

Faddeev A. O., Professor of Mathematics and Information technologies management Department, Doctor of Technical Science, Associate Professor
E-mail: fao1@mail.ru
Phone: 8-915-618-92-15

Voronezh State University

Umyvakin V. M., professor of Mathematical Methods of Operation Research Department, Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor
E-mail: umyvakin@mail.ru
Tel.: 8 (473) 220-82-82

Budarina V. A., candidate of legal Sciences, associate Professor of Ecological Geology Department
E-mail: budarinav@yandex.ru
Tel.: 8 (473) 220-82-89