

ЭКОЛОГИЯ

УДК 614.7

Д. А. Кирьянов^{a,b}, В. М. Чигвинцев^{a,c}

^a ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия

^b Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

^c Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБРАЩАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЗА СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩЬЮ

Представлен алгоритм оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения. В качестве индикатора состояния здоровья выступает обращаемость населения за скорой медицинской помощью. Характеристикой загрязнения являются данные стационарных постов наблюдений ПЦГМС. Алгоритм позволит создать доказательную базу наличия отрицательных эффектов воздействия на здоровье в результате загрязнения атмосферы и даст возможность параметризовать эти эффекты, оценивать степень управляемости показателей здоровья за счет изменения параметров загрязнения. Полученные в работе модели позволили охарактеризовать долю ответственности загрязнений атмосферного воздуха в повышенной частоте вызовов скорой помощи, которая составила более 6 тыс. обращений по поводу болезней системы кровообращения в год.

Ключевые слова: скорая помощь; загрязнение атмосферного воздуха; математическое моделирование; оценка зависимостей; анализ временных рядов.

D. A. Kiryanov^{a,b}, V. M. Chigvintsev^{a,c}

^a FSC of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

^b Perm State University, Perm, Russian Federation

^c State National Research Polytechnical University of Perm, Perm, Russian Federation

EVALUATION OF INFLUENCE OF CHEMICAL FACTORS CONCENTRATION INCREASE IN AIR ON MEDICAL AID APPEALABILITY OF POPULATION

The article presents an algorithm for assessing the impact of atmospheric air pollution on the health status of population. Medical aid appealability of population is for an indicator of the state of health. The data of stationary observation posts of the Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring are the characteristics of contamination. The algorithm allows forming the evidentiary basis to confirm the presence of negative effects for health, caused by air pollution. Also, it allows to parameterize these effects, assess the degree of controllability of health indicators due to changes in pollution parameters. The obtained models made it possible to characterize the share of liability of atmospheric air pollution in the increased frequency of ambulance calls, which amounted to more than 6,000 calls per year for circulatory system diseases.

Key words: first aid; air pollution; mathematical modeling; dependency estimation; time series analysis.

Введение

Одним из устойчивых факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье населения, является загрязнение атмосферного воздуха. В современных условиях это воздействие становится значительно сильнее в силу существенного повышения вклада автотранспорта в общее загрязнение

среды обитания. Особенно это актуально в больших промышленных городах с интенсивным автомобильным движением и развитой промышленностью [Онищенко, 2003].

Данные стационарных постов наблюдения свидетельствуют о присутствии высоких концентраций в селитебных районах. Кроме того, интерес к возможным последствиям загрязнения атмосферы

возрос после проведения ряда исследований, свидетельствующих о наличии зависимости острых реакций населения в ответ на кратковременные и незначительные колебания концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [Зайцева, Землянова, Кирьянов, 2002]. Имеются данные о зависимости острых эффектов (увеличение общей смертности и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, увеличение частоты госпитализации по поводу респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний) [Оценка..., 1991; Кацнельсон и др., 2000; Агаев, Мейбалиев, 2004] от уровня концентраций отдельных загрязняющих веществ (пыли, озона, аммиака, угарного и сернистого газов) в атмосфере.

Вместе с тем в настоящее время практически отсутствуют унифицированные алгоритмы и методические подходы к количественной оценке влияния регистрируемых превышений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе гигиенических нормативов на состояние здоровья населения.

Исследование по определению критических параметров отдельных загрязнителей атмосферного воздуха по критериям изменения состояния здоровья (например, по обращаемости за экстренной медицинской помощью) позволяет сформировать доказательную базу наличия отрицательных эффектов воздействия на здоровье в результате загрязнения атмосферы, параметризовать эти эффекты, оценивать степень управляемости показателей здоровья за счет изменения параметров загрязнения.

Цель данной работы – оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на показатели обращаемости населения за скорой медицинской помощью.

Материалы и методы

Для выполнения работы были получены данные по загрязнению атмосферного воздуха и обращаемости населения за скорой медицинской помощью.

С точки зрения оценки влияния загрязнений на частоту обращаемости населения за скорой медицинской помощью наиболее приемлемыми являются данные Росгидромета с суточным периодом наблюдения. Информация, накапливаемая в службе Росгидромета, характеризуется регулярностью и достаточно широкой программой наблюдений. Сеть постов наблюдений, расположенных в жилой зоне, охватывает почти весь город и характеризует комплексную нагрузку. Информация, переданная по запросу из Росгидромета по загрязнению атмосферного воздуха, представлена в одной таблице, содержащей 2 087 записей. В ней содержатся среднесуточные концентрации фенола и бен-

зола на 5 контрольных постах в течение года в г. Перми.

Первичный анализ динамики позволяет определить концентрации как «низкие». По бензолу и фенолу все концентрации укладываются в 0.14 мг/м^3 . По отношению к предельно допустимой концентрации (ПДК) в жилых зонах города среднегодовая концентрация бензола составила 0.16 ± 0.01 ПДК с.с., фенола – $0.67 + 0.06$ ПДК с.с., что соответствует гигиеническим регламентам. Количество проб, превышающих гигиенические нормативы бензола на уровне 1.1–1.4 ПДК с.с., фенола – 3.3–4.0 ПДК с.с., составили соответственно 0.2 и 19.1%.

В свою очередь, информация, характеризующая обращаемость населения за скорой медицинской помощью, накапливается в базе данных городской станции скорой помощи. Для проведения аналитических исследований сформированы систематизированные электронные таблицы, содержащие деперсонифицированные сведения по обращаемости населения г. Перми за скорой медицинской помощью в течение года (370 054 записи).

Предварительный анализ вызовов показал, что для решения задачи оценки воздействия загрязнений на состояние здоровья населения по критерию обращаемости за скорой медицинской помощью необходимо исключить случаи вызовов, обусловленные психологическими особенностями – фактор дня недели, сезонная составляющая. Кроме того, необходимо учитывать особенности структуры обращаемости, обусловленные полом и возрастом.

Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения (выраженное в частоте обращаемости за скорой медицинской помощью) производится на основе сопоставления двух массивов информации – по среднесуточным концентрациям загрязняющих веществ и по вызовам скорой помощи.

Для построения математических моделей, отражающих зависимости, используется ряд гипотез.

Гипотеза 1. Частота обращаемости населения за скорой медицинской помощью является интегральным показателем здоровья и характеризует комплекс внешних воздействий. Обращаемость за амбулаторной помощью, выполняемой в рамках ОМС, зависит от уровня доступности медицинской помощи, в отличие от нее скорая помощь, до последнего времени находится на бюджетном финансировании и является более независимым показателем здоровья [Кравченко, Поляков, 1998].

Гипотеза 2. Уровень обращаемости в любой момент времени можно представить в виде суммы фоновой, систематической, факторной и случайной составляющих.

Фоновая составляющая характеризует уровень обращаемости, не зависящий ни от каких внешних воздействий.

Систематическая составляющая определяется

как уровень обращаемости, обусловленный неуправляемыми факторами, такими как день недели, время года и др. Систематическая составляющая имеет ярко выраженный периодический характер.

Факторная составляющая – часть обращаемости, обусловленная воздействием изучаемых факторов.

Случайная составляющая – часть обращаемости вызвана причиной, которой являются все другие, не учитываемые факторы и обстоятельства.

Гипотеза 3. Ответ на загрязнение со стороны здоровья населения в виде изменения частоты обращений за скорой помощью может быть отложен во времени (наличие временного лага). Лаг – показатель, отражающий отставание во времени ответов со стороны здоровья и влияние среды обитания. Учет лага является необходимым условием оценки воздействий.

Кроме того, при исследовании зависимостей необходимо проводить пространственное согласование данных. Крупный региональный центр (такой, как г. Пермь) имеет значительную территориальную протяженность и наличие так называемых промышленных узлов, различающихся между собой составом загрязнений. Пространственное согласование предполагает выделение зон вокруг постов наблюдений, в которых будет производиться

оценка состояния здоровья населения по частоте вызовов скорой помощи.

Метод оценки зависимостей основан на построении и анализе парных регрессионных моделей с учетом временного лага. Для оценки значения лага, выраженного в днях, предварительно проводится корреляционный анализ, сопровождаемый проверкой статистических гипотез относительно коэффициентов корреляции. В качестве лага принимается значение смещения данных относительно друг друга, при котором наблюдается максимальная корреляция.

Результаты и их обсуждение

В качестве примера приведем расчет лага и модели зависимости для данных по фенолу, замеренному на одном из постов наблюдений и обращаемостью населения за скорой помощью по поводу заболеваний сердечно-сосудистой системы. Распределение концентраций фенола на посту и частоты вызовов скорой помощи в двухкилометровой зоне представлено на рис. 1.

Коэффициент корреляции составляет 0.11. При увеличении величины лага коэффициент корреляции изменяется (таблица, рис. 2).

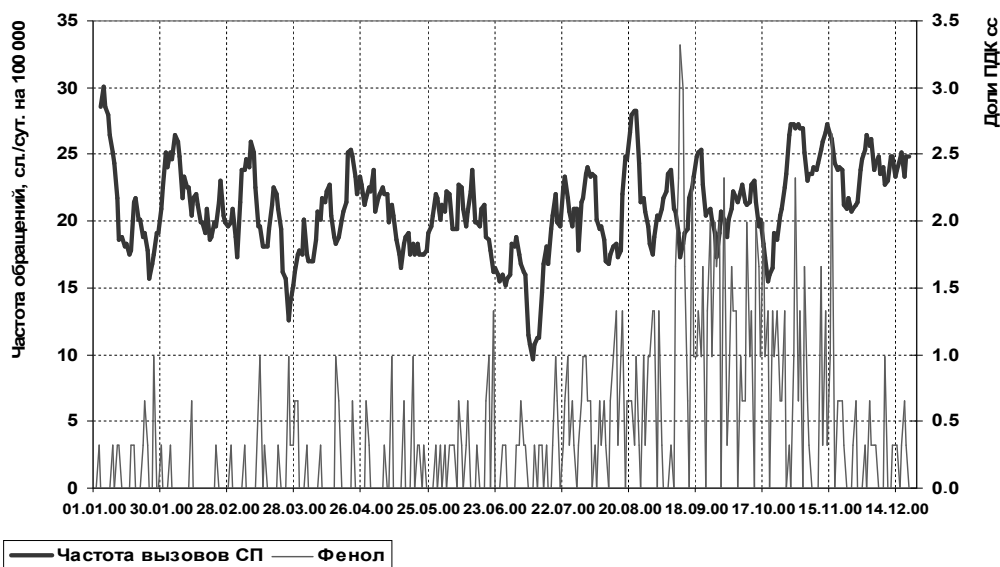


Рис. 1. Распределение среднесуточных концентраций фенола (в долях превышения ПДК) на посту и частоты вызовов скорой помощи (число случаев в сутки на сто тысяч населения) в двухкилометровой зоне

Изменение коэффициента корреляции при увеличении величины лага

Показатель	Лаг (дни)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
r (коэффициент корреляции)	0.014	0.031	0.058	0.105	0.112	0.141	0.187	0.150
n (кол-во наблюдений)	294	293	292	291	291	290	289	288
p (уровень значимости)	0.812	0.592	0.324	0.074	0.056	0.016	0.001	0.001

Расчет показывает, что наибольшее влияние загрязнения фенолом атмосферного воздуха на об-

ращаемость населения за скорой помощью по поводу заболеваний сердечно-сосудистой системы

наблюдается с лагом в 7 дней.

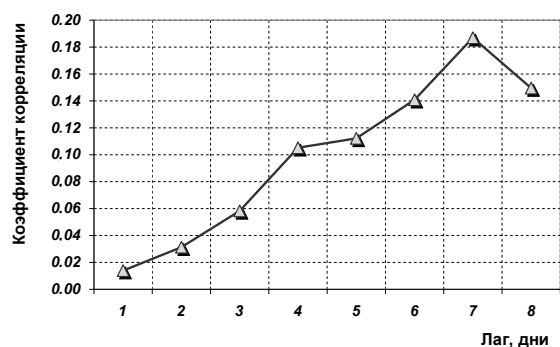


Рис. 2. Изменение коэффициента корреляции (r) при увеличении величины лага

График зависимости, полученный методом линейной регрессии, приведен на рис. 3. Для провер-

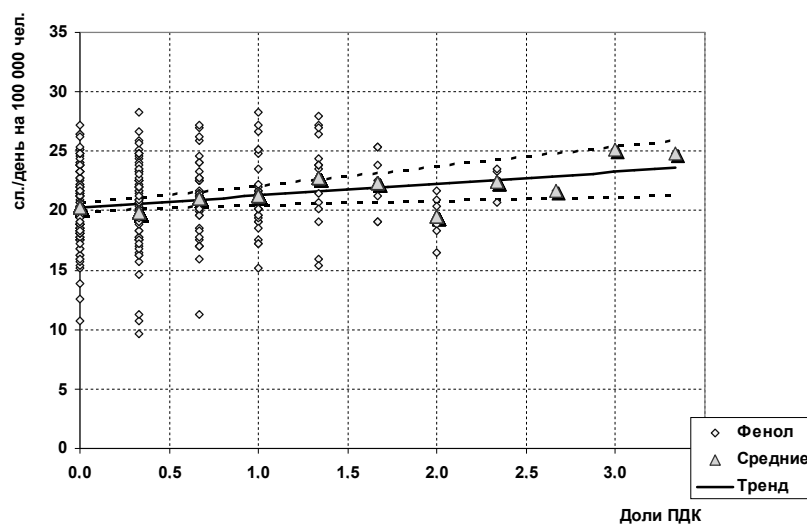


Рис. 3. Зависимость обращаемости населения за скорой помощью (число случаев в сутки на сто тысяч населения) от среднесуточной концентрации фенола (в долях превышения ПДК) с лагом 7 дней

(\circ – абсолютное количество случаев, Δ – среднее количество случаев)

Анализ частоты обращаемости за скорой медицинской помощью населения в связи болезнями сердечно-сосудистой системы показал, что среднегодовой уровень обращений в целом по классу болезней колебался от 16.05 до 22.88 случаев в год при минимальном уровне, не зависящем от концентрации бензола – от 14.56 до 21.54 сл./год.

Выявление и оценка влияния концентрации исследуемых химических факторов в атмосферном воздухе на частоту обращаемости населения за скорой медицинской помощью в связи с болезнями сердечно-сосудистой системы на примере г. Перми позволили установить зависимость обращаемости дифференцированно (по отдельным нозологиям и полу) от концентрации бензола в связи с:

– вторичной гипертензией у женщин ($0.12 \leq r \leq 0.17$, $0.004 \leq p \leq 0.044$);

ки адекватности моделей натурным данным проводится дисперсионный анализ ($F=8.6$, $p=0.004$, $R^2=0.03$).

Оценка параметров модели и проведение дисперсионного анализа дает основание утверждать о наличии влияния загрязнения воздуха на состояние здоровья населения, выраженное в обращаемости за скорой медицинской помощью. Величина коэффициента детерминации (R^2) позволяет оценить вклад загрязнения в повышенный уровень обращаемости.

Для приведенного примера вклад фенола в превышение наблюдаемого уровня обращаемости (21 сл./100000 в день) над фоновым уровнем (18 сл./100000 в день) составляет 3%, или 0.09 сл./100000 в день. За 1 год в районе поста концентрации фенола обуславливают дополнительно 19 случаев. В среднем по городу дополнительных случаев будет более трехсот.

– ишемической болезнью сердца у женщин и мужчин ($0.12 \leq r \leq 0.17$, $0.004 \leq p \leq 0.034$);

– нестабильной стенокардией у мужчин ($0.12 \leq r \leq 0.22$, $0.000 \leq p \leq 0.035$);

– другими формами стенокардии у мужчин ($0.13 \leq r \leq 0.27$, $0.000 \leq p \leq 0.035$), у женщин ($r \leq 0.15$, $p \leq 0.008$);

– другими цереброваскулярными болезнями у женщин и мужчин ($0.12 \leq r \leq 0.28$, $0.000 \leq p \leq 0.045$).

Установлена зависимость обращаемости за скорой медицинской помощью населения от концентрации фенола в связи с:

– вторичной гипертензией у женщин ($r=0.137$, $0.021 \leq p \leq 0.026$), у мужчин ($0.15 \leq r \leq 0.27$, $0.000 \leq p \leq 0.009$);

– ишемической болезнью сердца у женщин ($0.46 \leq r \leq 0.50$, $p=0.000$) и мужчин ($0.27 \leq r \leq 0.31$, $p=0.000$);

– другими формами стенокардии у мужчин ($0.13 \leq r \leq 0.17$, $0.003 \leq p \leq 0.024$);

– другими цереброваскулярными болезнями у женщин ($0.12 \leq r \leq 0.14$, $0.016 \leq p \leq 0.047$).

При этом установлен временной лаг увеличения частоты обращаемости при повышении концентрации бензола относительно минимального уровня для вторичной гипертензии у женщин – на 2–7 сут., ишемической болезни сердца у женщин – на 4–7 сут. и у мужчин – на 6–7 сут., других форм цереброваскулярных болезней у женщин – на 1–5 сут., других форм стенокардии у мужчин – на 3–7 сут. Для обращений по поводу различных форм стенокардии, а также других цереброваскулярных болезней временной лаг отсутствует.

При повышении уровня фенола временной лаг установлен для вторичной гипертензии у мужчин на 4–7 сут., у женщин – на 2–6 сут. Для других исследуемых патологий лаг не выявлен.

Моделирование влияния концентрации примесей в атмосферном воздухе на частоту обращаемости за скорой медицинской помощью в связи с сердечно-сосудистой патологией позволило получить достоверные ($p \leq 0.05$) и адекватные уравнения регрессии, характеризующие параметры зависимости.

Анализ полученных зависимостей показал, что превышение среднегодовой концентрации бензола (0.009 мг/м^3) и фенола (0.001 мг/м^3) обуславливает дополнительные случаи обращаемости населения за скорой медицинской помощью в г. Перми по поводу заболеваний сердечно-сосудистой системы. Суммарный прирост обращаемости при увеличении концентрации бензола составил 1 396 случаев в год, фенола – 4 851 случай в год. При одновременном повышении концентраций исследуемых факторов в атмосферном воздухе суммарный прирост обращаемости составит 6 247 случаев в год.

Заключение

В ходе выполнения работы был отработан общий алгоритм анализа влияния загрязнения атмосферного воздуха на обращаемость населения за скорой медицинской помощью. Алгоритм содержит ряд основных этапов, характерных для любого крупного промышленного центра, имеющего разветвленную систему постов наблюдений за качеством воздуха и электронную систему учета вызовов скорой помощи.

В результате было установлено, что состояние здоровья населения, проживающего в крупном промышленном центре, достаточно достоверно и наглядно характеризуется на основе анализа частоты вызовов скорой медицинской помощи.

Современные компьютерные технологии позволяют учитывать все случаи обращений с высокой степенью параметризации данных. Электрон-

ные базы данных дают возможность проводить исследования динамики обращаемости с учетом пола, возраста, места вызова и др. параметров.

Доступ к информации с постов наблюдений ПЦГМС помог провести анализ согласованных данных частоты вызовов скорой помощи и химической нагрузки на атмосферный воздух, выявить зависимости их совместного распределения и построить ряд математических моделей.

Построенные модели охарактеризовали долю ответственности загрязнений атмосферного воздуха в повышенной частоте вызовов скорой помощи, которая составила более 6 тыс. обращений по поводу болезней системы кровообращения в год.

Библиографический список

- Агаев Ф.Б., Мейбалиев М.Т. Использование показателей обращаемости за скорой медицинской помощью в качестве ранних признаков экологического неблагополучия // Гигиена и санитария. 2004. № 2. С. 75–77.
- Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кирьянов Д.А. Определение критических параметров загрязнения атмосферного воздуха по критерию обращаемости за медицинской помощью // Гигиена и санитария. 2002. № 2. С. 18–21.
- Кацнельсон Б.А. и др. Влияние кратковременных повышений концентраций загрязнений в атмосферном воздухе на смертность населения // Гигиена и санитария. 2000. № 1. С. 15–18.
- Кравченко Н.А., Поляков И.В. Научное обоснование методологии прогнозирования ресурсного обеспечения здравоохранения России (история и современность). М.: Федеральный фонд ОМС, 1998. 392 с.
- Онищенко Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения, нерешенные проблемы и задачи // Гигиена и санитария. 2003. № 1. С. 3–10.
- Оценка влияния атмосферных загрязнений и метеорологических условий на показатели обращаемости за скорой медицинской помощью: методические рекомендации. М.; Новокузнецк, 1991.

References

- Agaev F. B. [The use of indicators of appealability for emergency medical assistance as early signs of ecological trouble]. *Gigiena i sanitariya*. N 2 (2004): pp. 75-77. (In Russ.).
- Kacnel'son B.A. et al. [The impact of short-term increases in the concentrations of contaminants in ambient air on the population mortality]. *Gigiena i sanitariya* N 1 (2000): pp. 15-18. (In Russ.).
- Kravchenko N.A., Poljakov I.V. *Nauchnoe obosnovanie metodologii prognozirovaniya resursnogo*

obespečenija zdravoochranenija Rossii [Scientific substantiation of the methodology of forecasting of resource provision of health care of Russia]. Moscow, Federal'nyj fond OMS Publ., 1998. 392 p. (In Russ.).

Zaitseva N.V., Zemljanova M.A., Kir'janov D.A. [The determination of the critical parameters of air pollution on the criterion of medical referrals]. *Gigiena i sanitarija* N 2 (2002): pp. 18-21. (In Russ.).

Onishhenko G.G. [The influence of the environment on population health, unresolved issues and

tasks]. *Gigiena i sanitarija*. № 1 (2003): pp. 3-10. (In Russ.).

Ocenka vlijanija atmosferných zagrjaznenij i meteorologičeskich uslovij na pokazateli obraščаемosti za skoroj medicinskoj pomošč'ju [Evaluation of the effect of atmospheric pollution and meteorological conditions on the performance of appealability for emergency medical assistance]. Moscow, Novokuzneck, 1991. (In Russ.).

Поступила в редакцию 01.10.2017

Об авторах

Кирьянов Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов
ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
ORCID: 0000-0002-5406-4961
614000, Пермь, Монастырская, 82;
kda@fcrisk.ru; (342)2371804

доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности
ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Чигвинцев Владимир Михайлович, научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов
ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
ORCID: 0000-0002-0345-3895
614000, Пермь, Монастырская, 82;
cvm@fcrisk.ru; (342)2371804

аспирант кафедры Математическое моделирование систем и процессов
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29

About the authors

Kiryanov Dmitry Aleksandrovich, candidate of technical sciences, head of the Department of mathematical modeling of systems and processes
FBSI "FSC of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare
ORCID: 0000-0002-5406-4961
82, Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045;
kda@fcrisk.ru; (342)2371804

associate professor of the Department of human ecology and life safety
Perm State University.
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990

Chigvintsev Vladimir Mikhaylovich, fellow research of situation modeling and expert and analytical management techniques laboratory
FBSI "FSC of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare
ORCID: 0000-0002-0345-3895
82, Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045;
cvm@fcrisk.ru; (342)2371804

graduate student, Department of Mathematical modeling of systems and processes
Perm National Research Polytechnic University.
Komsomolsky pr., 29, Perm, Russia, 614990

