



УДК 004.891.2

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ РИСКОГЕННОГО  
КОМПЛЕКСА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**  
**INFORMATION SYSTEM FOR ASSESSMENT OF RISK-TAKING COMPLEX  
OF HUMAN ENVIRONMENT**

**Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, А.В. Кисиленко**  
**R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, A.V. Kisilenko**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*  
*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: asadullaev@bsu.edu.ru, lomakin@bsu.edu.ru, kisilenko@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* Статья посвящена разработке структуры информационных средств оценки рискогенного комплекса среды обитания человека. Определены зависимости между сферами обитания человека и социальными рисками, позволяющие оценить степень влияния сферы на каждый социальный риск и интегрировать вклад каждой сферы в развитие отдельно взятого социального риска. Разработаны формальные средства в виде лингвистических переменных, отражающие статистические данные, полученные в результате полевых исследований и позволяющие произвести формализацию факторов и параметров воздействия на социальные риски. Обоснованы общие принципы построения лингвистических переменных для оценки социальных рисков по выявленным сферам обитания. Разработана нечеткая база знаний, оценивающая уровень риска развития социальной напряженности. Спроектирована структура информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека с учетом разработанных формальных средств и выявленных зависимостей, позволяющая реализовать процессы мониторинга и управления социальными рисками.

*Resume.* The article is devoted to the development of the information tools for assessment of risk-taking complex of human environment. The dependences between the areas of human habitation and social risks were identified to assess the degree of influence on the scope of every social risk and to integrate the contribution of each area to the progress of individual social risk. The formal means in the form of linguistic variables were developed which reflect the statistical data obtained from field investigations and permit perform the formalization of the factors and parameters of exposure to social risks. The general principles of the linguistic variables construction were substantiated to assess the social risks in the identified areas of human environment. Fuzzy knowledge base was developed which can assess the level of risk of social tension. The information system structure was developed, which takes into account the obtained formal means and identified dependencies and makes possible the implementation of the social risks monitoring and management.

*Ключевые слова:* экспертная система, база знаний, информационная система управления, социальные технологии, социальные риски.

*Keywords:* expert system, knowledge base, automatic control system, social technology, social risks.

Процесс оценки рискогенного комплекса среды обитания человека представляет собой многокритериальную задачу с параметрами различной природы. Задача осложняется высокой инерционностью данного процесса, которая вызывает необходимость многократных измерений реакции объекта управления на достаточно большом интервале времени. Кроме того, применение классических подходов в процессе оценки рискогенного комплекса среды обитания человека дополнительно осложняется необходимостью прогнозирования процесса развития социальных рисков. При этом каждый риск оценивается применительно к определенной сфере обитания человека. Множество сфер обитания (МСО), включает следующие элементы:

- природно-экологическая сфера (ПЭС);
- техногенная сфера (ТС);
- социокультурная сфера (СКС);
- информационная сфера (ИС).

Таким образом, каждый элемент множества МСО оказывает в определенной степени влияние на динамику изменения рискогенного комплекса среды обитания человека. В работе [1] выделено 4 риска, составляющих множество рисков (МР), оценка которых представляет наибольший интерес с точки зрения управления рискогенным комплексом:

- снижение качества жизни (СКЖ);
- рост социальной напряженности (РСН);
- рост вынужденной миграции (РВМ);
- рост социальной неопределенности в регионе (РСНР).

Таким образом, вытекает необходимость разработки средств определения социальных рисков по каждой из перечисленных сфер обитания человека с последующим проведением интеграции данных показателей для оценки общей картины развития рисков в функциональной зависимости от выявленных факторов и параметров. В работе [1] указывалось, что процесс оценки рискогенного комплекса среды обитания человека является слабоструктурированным и многокритериальным, при



этом в оценке участвуют параметры различной природы с размытыми границами. Исходя из этого целесообразно использование аппарата нечетких множеств, позволяющего учесть специфику исследуемой предметной области и формализовать данные с размытыми границами.

Зависимость между социальными рисками и сферами можно выразить при помощи отношения, формализованного в виде матрицы  $R=МСОхМР$ . На пересечении строк и столбцов  $a_{ij}$  указывается сила влияния результатов оценки сферы на каждый социальный риск.

<b>R</b>	<b>СКЖ</b>	<b>РСН</b>	<b>РВМ</b>	<b>РСНР</b>
<b>ПЭС</b>	a11	a12	a13	a14
<b>ТС</b>	a21	a22	a23	a24
<b>СКС</b>	a31	a32	a33	a34
<b>ИС</b>	a41	a42	a43	a44

Следовательно, необходимо разработать средства оценки влияния сфер обитания человека на каждый социальный риск в отдельности, при этом нечеткая база знаний будет строиться в трехмерном пространстве. Это обусловлено следующими причинами:

- подобный подход делает базу знаний наглядной для разработчика;
- нечеткий логический вывод база знаний будет состоять из нескольких последовательно соединенных баз знаний, что упрощает процедуру редактирования знаний, так как отсутствуют длинные и сложные зависимости между параметрами;
- удобство написания правил от двух параметров.

Исходя из этого, по каждому социальному риску необходимо определить параметры, оказывающие влияние на его развитие с последующей формализацией в форме лингвистических переменных. При этом в зависимости от результатов исследования для каждой сферы эти границы влияния параметров могут изменяться.

Проведем формализацию нечеткого логического вывода на примере оценки риска РСН в техносфере [2]. На динамику формирования социального риска оказывают влияние следующие факторы:

- индекс социального влияния техногенных чрезвычайных ситуаций (ИСВ), определяющий наиболее весомые из угроз техносферы (чрезвычайные ситуации, которые наиболее вероятно вызывают реализацию социальных рисков);
- индекс эффективности мер повышения и обеспечения техногенной безопасности (ИЭМПОТЬ).

ИСВ рассчитывается в диапазоне [0..1]. Проведенное исследование выявило, что диапазон изменения ИСВ делится на 3 основные группы, которые были формализованы при помощи нечетких переменных (низкий, средний, высокий). Формализация ИСВ при помощи трех нечетких переменных обусловлена статистическими данными, которые разбивают интервал ИСВ на 3 основные области, которые и покрывают нечеткие переменные. Функции принадлежности данного индекса представлены на рисунке 1.

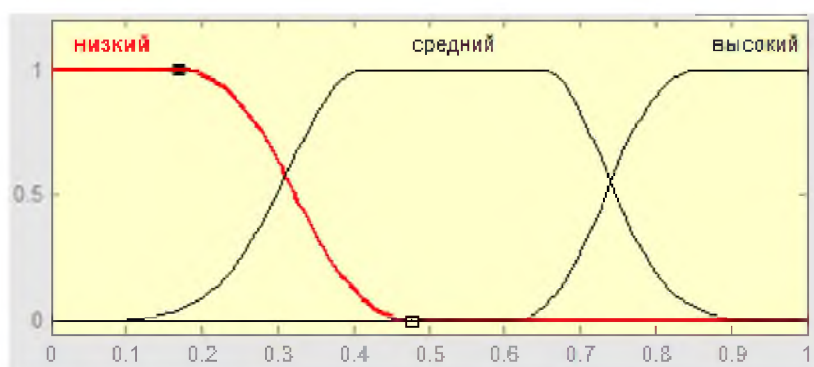


Рис. 1. Лингвистическая переменная ИСВ  
Fig. 1. Linguistic variable ICV

ИЭМПОТЬ рассчитывается в диапазоне [0..100]. Специфика варьирования данного индекса требует выделения 4 нечетких переменных (низкий, средний, выше среднего и высокий). Лингвистическая переменная данного показателя представлена на рисунке 2.

С целью более детальной оценки риска роста социальной напряженности необходимо выделить 5 нечетких переменных в диапазоне [0..1] (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий). Лингвистическая переменная представлена на рисунке 3. Подобное деление на более мелкие диапазоны изменения позволит в конечном результате проводить детальную оценку

социального риска, что позволит формировать наиболее рациональный сценарий управления социальным риском.



Рис. 2. Лингвистическая переменная ИЭМПОТБ  
Fig. 2. Linguistic variable IEMPOTB

Разработав все лингвистические переменные (для каждого социального риска по всем сферам обитания), и, построив базы знаний, можно будет проводить корректировку лингвистических переменных, уточняя рабочие области посредством корректировки функций принадлежности нечетких переменных. Это обусловлено и тем фактом, что в процессе функционирования системы проводятся экспертные оценки, уточняющие как правила логического вывода, так и вид лингвистических переменных. Таким образом, вид лингвистической переменной риска роста социальной напряженности для техносферы может кардинальным образом отличаться для социосферы. Данный факт обусловлен степенью влияния каждой из представленных сфер на риски, что выражается как в силе влияния, так и в рабочих диапазонах изменения переменной.

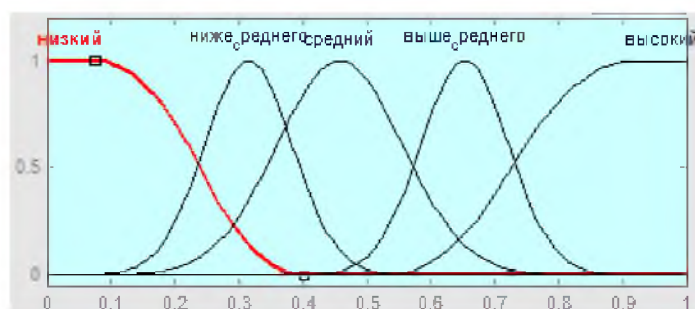


Рис. 3. Лингвистическая переменная РСН  
Fig. 3. Linguistic variable RCN

Структура системы расчета социального риска представлена на рисунке 4. На входе 2 переменные, отражающие динамику индексов ИСВ и ИЭМПОТБ, выходная переменная, отражающая зависимость риска от входных переменных и непосредственно база знаний, осуществляющая нечеткий логический вывод на основании метода Мамдани. При построении нечеткого логического вывода использовался программный продукт MatLab [3].



Рис. 4. Структура системы расчета уровня социального риска  
Fig. 4. The structure of the system for calculating the level of social risk

На рисунке 5 представлены в графическом виде правила реализации нечеткого логического вывода, позволяющие при задании параметров ИСВ и ИЭМПОТБ получить конкретное значение уровня социального риска.

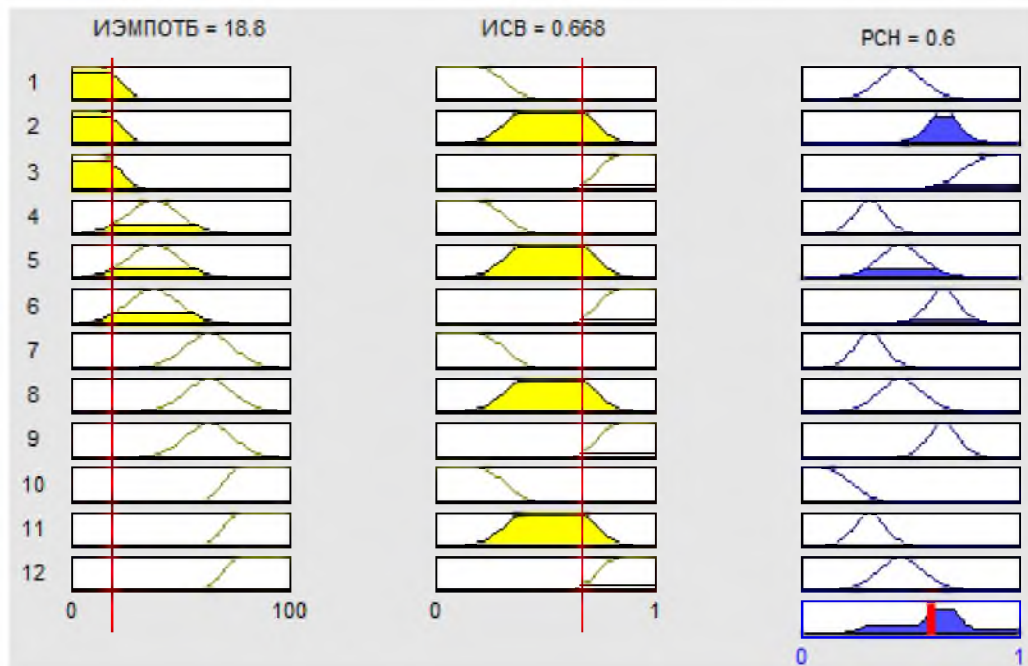


Рис. 5. Нечеткая база знаний  
Fig. 5. Fuzzy knowledge base

Из правил, представленных на рисунке 5, видно, что при ИЭМПОТЬ=18,8 и ИСВ=0,668 риск роста социальной напряженности РСН=0,6. Графическая интерпретация трехмерной модели нечеткой базы знаний, определяющей риск роста социальной напряженности в зависимости от ИСВ и ИЭМПОТЬ, представлена на рисунке 6.

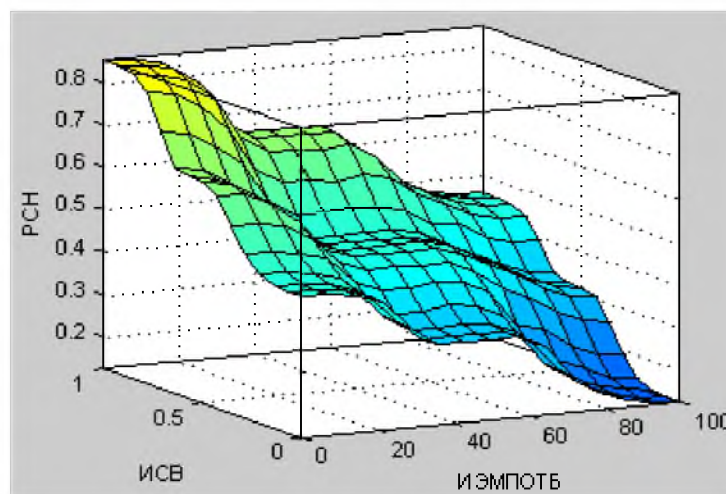


Рис. 6. Графическая интерпретация нечеткой базы знаний  
Fig. 6. Graphic interpretation of fuzzy knowledge base

Таким образом, разработан механизм получения нечеткого логического вывода об уровне риска роста социальной напряженности в зависимости от факторов ИСВ и ИЭМПОТЬ, определенных для техносферы. В свою очередь факторы ИСВ и ИЭМПОТЬ, также являются зависимыми параметрами, для получения которых необходимо описать собственные механизмы нечеткого логического вывода, что подразумевает задание следующих параметров:

- информированность населения (ИН), способ распространения информации в регионе о чрезвычайных ситуациях (средства массовой информации, слухи, локально, то есть касалась только участников событий);
- приемлемость уровня техносферной безопасности (ПУТБ) (полностью приемлемый, скорее приемлемый, скорее не приемлемый, полностью не приемлемый);
- вероятность возникновения техногенной чрезвычайной ситуации (ВВТЧС);
- частота возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧВТЧС).



Таким образом, процесс оценки рисковенного комплекса среды обитания человека является итерационным. На первой итерации рассчитываются показатели, формирующие факторы, которые в свою очередь используются на второй итерации для расчета социального риска, при этом последовательное соединение нечетких баз знаний формирует ядро системы по оценке социальных рисков.

Принимая во внимание фактор экспертной оценки, можно формализовать процедуру получения обобщенной оценки конкретного риска в зависимости от элементов МСО с позиции равного влияния на риск. Затем в процессе эксплуатации системы эксперт самостоятельно расставит силы влияния. Таким образом, обобщенная оценка риска роста социальной напряженности  $K_{PCH}$  будет выглядеть следующим образом:

$$K_{PCH} = \frac{\sum_{i=1}^4 K_{PCHi}}{4},$$

где  $K_{PCHi}$  - оценка риска PCH по каждой сфере обитания.

Аналогичным образом производятся расчеты для каждого элемента множества МР. Механизм оценки рисковенного комплекса среды обитания человека можно представить в виде следующей последовательности укрупненных действий:

1. Оценка параметров, формирующих факторы – инициаторы социального риска.
2. Расчет факторов на основании нечеткого логического вывода в зависимости от полученных параметров.
3. Оценка уровня социального риска по каждой сфере в зависимости от полученных факторов.
4. Интегрированная оценка социальных рисков по каждой сфере обитания человека.
5. Формирование управляющего сценария с учетом полученной оценки социального риска.

Последний пункт представляет собой результат работы системы, заключающийся в сопоставлении результатам оценки социального риска управляющих сценариев, направленных на понижение угрозы негативных последствий. Для реализации подобного механизма требуется разработка самостоятельной базы знаний, содержащей экспертные суждения по управлению процессом развития социальных рисков. Знания подобного характера не могут быть получены аналитически, так как реакцию на управляющие воздействия оценивают спустя продолжительные периоды времени. В некоторых случаях реакция слабо прослеживается, и только эксперт способен оценить, что послужило причиной подобного поведения системы.

Для реализации указанного механизма с учетом специфики аппарата получения нечеткого логического вывода необходима разработка модульной структуры информационной системы оценки рисковенного комплекса среды обитания человека. Структура системы должна включать в состав модули, способные решать следующие задачи:

- осуществлять мониторинг параметров и факторов, формирующих социальные риски в представленных сферах обитания человека;
- анализировать текущий уровень социального риска;
- проводить экспертный опрос с целью пополнения знаний;
- формировать сценарии развития и управления социальными рисками;
- представлять профиль социального риска, отражающий основополагающие факторы и параметры его формирования.

Пользователями системы являются эксперты и исследователи, задачей которых является изучение и управление рисковенным комплексом с целью предотвращения и предупреждения нежелательных последствий развития социальных рисков.

Структура информационной системы оценки рисковенного комплекса среды обитания человека представлена на рисунке 7.

Все подсистемы взаимосвязаны каналами обмена информацией (линии полужирного начертания). В состав системы входят следующие компоненты (рисунок 7):

- подсистема документирования, предназначенная для обработки запросов подсистем и пользователей к базе данных, посредством которой осуществляется интеграция и синхронизация работы подсистем. В состав подсистемы входит модуль документирования, система управления базой данных и база данных системы, содержащая формализованные результаты исследования рисковенного комплекса в различных разрезах, модуль аутентификации и модуль регистрации.
- подсистема мониторинга социальных рисков, предназначенная для оценки уровня социального риска в зависимости от текущих показателей параметров и факторов, а также для формирования профиля социального риска в разрезах, наиболее удобных для решения конкретных задач. В состав подсистемы входят следующие компоненты:

- 1) Базы знаний, содержащие правила логического вывода о состоянии уровня социальных рисков в зависимости от текущего состояния факторов, оказывающих влияние на динамику рисков.

При этом базы знаний содержат правила получения уровня факторов в зависимости от формирующих их параметров.

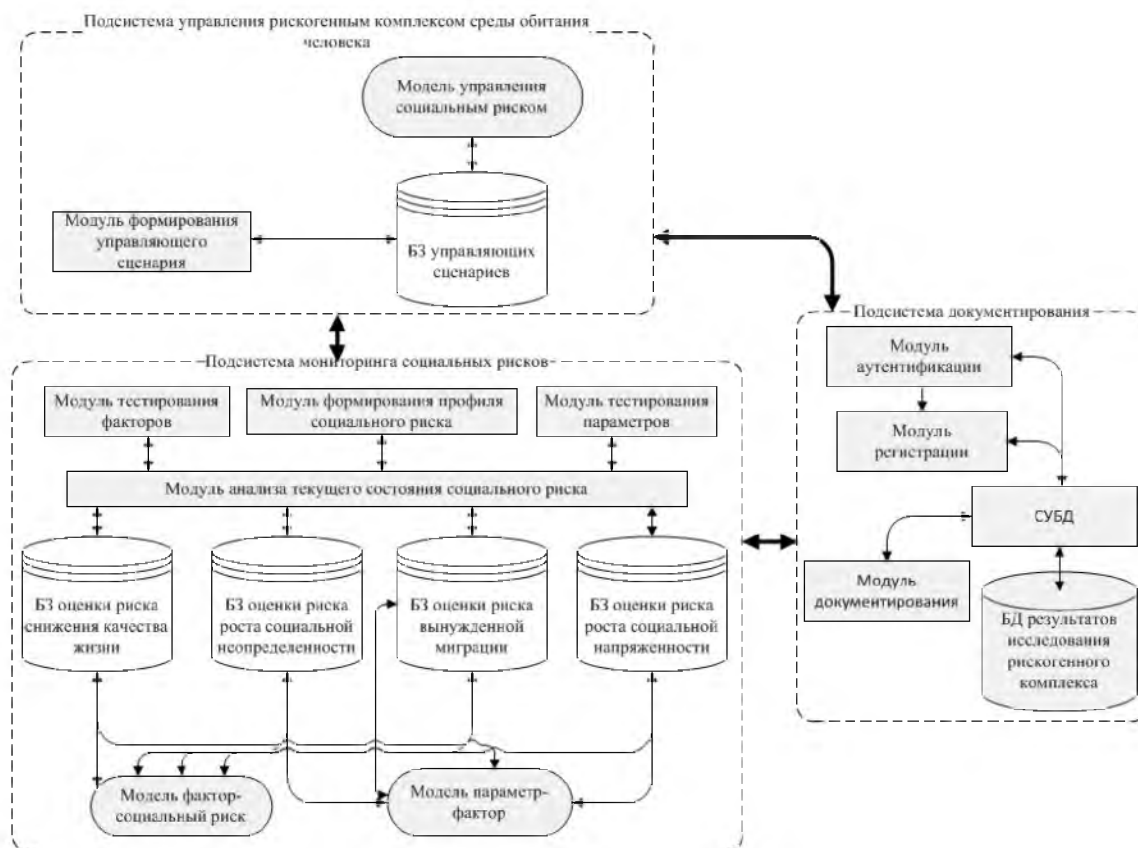


Рис. 7. Структура информационной системы оценки рискованного комплекса среды обитания человека

Fig. 7. The structure of information system for risk assessment gene complex human environment

2) Модели «фактор-социальный риск» и «параметр-фактор», описывающие зависимости между указанными переменными и являющиеся формальной основой баз знаний.

3) Модуль анализа текущего состояния социального риска, выполняющий функции интерфейса взаимодействия пользователя с системой. Посредством данного модуля осуществляются запросы к базам знаний и аккумуляция результатов, в частности, агрегируются результаты анализа уровня социального риска по 4 сферам жизнедеятельности.

4) Модули тестирования факторов и параметров, предназначенные для оценки экспертами их текущего уровня с целью для анализа социальных рисков.

5) Модуль формирования профиля социального риска. Данный модуль необходим для представления эксперту результатов оценки уровня социального риска в различных разрезах. При этом должны отражаться не только зависимости риска от факторов, но и зависимости от параметров, являющихся инициаторами развития факторов.

- подсистема управления рискованным комплексом среды обитания человека, предназначенная для формирования управляющих решений с целью оптимизации последствий от развития социальных рисков. В состав подсистемы входят:

1) База знаний управляющих сценариев, содержащая регламент действий по результатам оценки рискованного комплекса.

2) Модель управления социальным риском, представляющая собой зависимости между уровнем социального риска и подходами по разрешению сложившейся ситуации.

3) Модуль формирования управляющего сценария. Задачей данного модуля является управления представлением управляющего сценария в зависимости от результатов, полученных от базы знаний.

В структуре информационной системы (рисунок 7) каждая база знаний представлена как семантически самостоятельная единица, что обусловлено упрощением графической интерпретации системы. Функциональная структура баз знаний подразумевает наличие рабочей памяти, механизма логического вывода, подсистемы заполнения знаний и объяснений, а также подключение к



центральной базе данных. При этом в структуру информационной системы могут быть дополнительно подключены средства поддержки принятия решений, позволяющие эксперту принимать более обоснованные и эффективные решения на основании дополнительного анализа [4].

Таким образом, в результате исследования были получены следующие результаты:

- определена зависимость между сферами обитания человека и социальными рисками;
- построены лингвистические переменные ИСВ, ИЭМПОТЬ и РСН, отражающие статистические данные, полученные в результате полевых исследований;
- на примере разработанных лингвистических переменных обоснованы общие принципы построения лингвистических переменных для оценки социальных рисков по выявленным сферам обитания;
- разработана нечеткая база знаний, формирующая заключение об уровне риска развития социальной напряженности, которая служит основой для построения нечетких баз знаний оценки рисков;
- разработана структура информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека, в состав которой входит достаточный набор средств для мониторинга и управления социальными рисками.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №14-38-00047 «Прогнозирование и управление социальными рисками развития техногенных человекомерных систем в динамике процессов трансформации среды обитания человека»*

### Список литературы References

1. Асадуллаев, Р.Г. Формальные средства прогнозирования и управления социальными рисками / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. - №13(210) вып.35/1. – С. 150–156.  
Asadullaev, R.G. Formal'nye sredstva prognozirovaniya i upravleniya social'nymi riskami / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika - 2015. - №13(210) vyp.35/1. – S. 150–156.
2. Землянова, М.А. Техногенная среда обитания человека / М.А. Землянова, О.Ю. Устинова, Р.Р. Махмудов, И.А. Пермяков, Ю.В. Кольдибекова // учебное пособие. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 126 с.  
Zemljanova, M.A. Tehnogennaja sreda obitanija cheloveka / M.A. Zemljanova, O.Ju. Ustinova, R.R. Mahmudov, I.A. Permjakov, Ju.V. Kol'dibekova // uchebnoe posobie. Perm. gos. nac. issled. un-t. – Perm', 2013. – 126 s.
3. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / С.Д. Штовба // Центр компетенций MathWorks. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>, свободный.  
Shtovba, S.D. Vvedenie v teoriju nechetkih mnozhestv i nechetkiju logiku [Jelektronnyj resurs] / S.D. Shtovba // Centr kompetencij MathWorks. Rezhim dostupa: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>, svobodnyj.
4. Ломакин, В.В. Комплекс критериев и алгоритмическое обеспечение процесса принятия решений при создании систем управления наружным освещением / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко, Р.Г. Асадуллаев // Фундаментальные исследования: научный журнал. – Москва: Российская академия естествознания - 2014. - №11(11). – С. 2370-2374.  
Lomakin, V.V. Kompleks kriteriev i algoritmicheskoe obespechenie processa prinjatija reshenij pri sozdanii sistem upravlenija naruzhnym osveshheniem / V.V. Lomakin, M.V. Lifirenko, R.G. Asadullaev // Fundamental'nye issledovaniya: nauchnyj zhurnal. – Moskva: Rossijskaja akademiya estestvoznaniya - 2014. - №11(11). – S. 2370-2374.