

**УДК 338.22:021.1**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ОПАСНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ**

***Верченев А.Д., Верлань А.А., Волкодав С.В., Марков А.С., Михайленко А.Г.,  
Янчук А.В.***

***ООО «ИТ-ТРАНЗИТ», Киев  
E-mail: mailbox@it-transit.com***

В работе обоснована необходимость использования гибридной ГИС для решения задач моделирования и прогнозирования техногенного риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий на основе пространственного анализа, базово присутствующего в традиционных ГИС. Также в работе предложена архитектура программной системы, позволяющей использовать ГИС в задачах моделирования и прогнозирования техногенных рисков, описан разработанный алгоритм расчета техногенных рисков для опасных производственных объектов газотранспортной компании.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, техногенный риск, моделирование, прогнозирование

**ВВЕДЕНИЕ**

Сегодня задачи повышения достоверности оценки технического состояния и оптимизации работ по обеспечению надежности магистральных газопроводов являются актуальными для всех транснациональных газотранспортных компаний. Хорошо известны подходы к реализации этой задачи компаниями Западной Европы, такими как Ruhrgas, Gasunie, Gas de France, British Gas и рядом других компаний.

Несмотря на различия в деталях, объединяет все эти подходы стремление повысить достоверность оценок технического состояния и обоснованность принимаемых управленческих решений, базирующихся на оценке показателей эксплуатационного техногенного риска.

Проведение данного анализа техногенного риска используется при разработке:

- декларации промышленной безопасности;
- паспортов безопасности;
- разделов по анализу риска, промышленной безопасности и инженерно–техническим мероприятиям по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям;
- заключений экспертиз промышленной безопасности.

Под анализом рисков подразумевается процесс идентификации опасностей и оценки риска аварии на опасных производственных объектах (ОПО) для отдельных лиц или групп людей, имущества или окружающей природной среды (РД 03-418-01, п 2.2). При моделировании техногенного риска ключевым процессом является

моделирование аварийной ситуации и её возможных последствий для реципиентов, которыми могут быть люди, компоненты природной среды и материальные ценности. Поэтому, использование геоинформационных систем (ГИС), предназначенных для сбора, хранения, пространственного анализа и графической визуализации пространственно-временных данных, становится наиболее целесообразным выбором при проведении моделирования и прогнозирования техногенного риска на ОПО.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

В связи с вышеизложенным ставится задача разработки гибридной геоинформационной системы для задач моделирования и прогнозирования техногенного риска, которая используя основной функционал ГИС в области пространственного анализа и моделирования, а также разработанные модули расчета потенциальных, коллективных и индивидуальных рисков, позволяет решать задачи моделирования и прогнозирования аварийных ситуаций на газопроводах. Данная разработка является актуальной при создании декларации промышленной безопасности для любых газотранспортных компаний.

Таким образом, целью работы является разработка архитектуры гибридной ГИС, позволяющей использовать возможности ГИС-технологии для моделирования пространственного анализа и прогнозирования возможных аварийных ситуаций, а также методов расчета моделей оценки рисков.

### **АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКА**

При проведении количественного анализа риска основными показателями являются [1]:

- ожидаемая частота аварий;
- размеры зон негативного воздействия поражающих факторов аварии;
- количество пострадавших, в том числе погибших и раненых (при реализации конкретного сценария аварии) ;
- условная вероятность поражения людей (при реализации конкретного сценария аварии);
- ущерб от аварии (при реализации конкретного сценария аварии);
- ущерб от невозможности выполнять транспортировку газа;
- ожидаемый годовой ущерб;
- потенциальный территориальный риск;
- коллективный риск;
- индивидуальный риск;
- социальный риск;
- технический риск.

В рамках данной работы проведение анализа выполняется для линейной части магистральных газопроводов.

Алгоритм анализа риска состоит из подэтапов, изображенных на блок схеме (рис 1).

В рамках данной работы был реализован этап «оценка риска». Для реализации этапа необходимо выполнить следующие подэтапы:

1. Подэтап «Оценка ожидаемой частоты аварий» – заключается в определении для каждого источника опасностей в составе ОПО частоты возникновения потенциальных аварий. Оценку рекомендуется проводить на основе анализа статистических данных об имевших место авариях на аналогичных технологических объектах с использованием метода корректировки средней частоты с учетом имеющихся конструктивно–технологических отличий конкретного анализируемого объекта и местных факторов влияния,

$$\lambda_n = \lambda_{cp} \kappa_{вл} = \lambda_{cp} \kappa_{рег} \kappa_{возр} \kappa_{кат} \frac{B_n}{B_{cp} = const} = \lambda_{cp} \kappa_{рег} \kappa_{возр} \kappa_{кат} \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} p_i q_{ij} B_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} p_i q_{ij} B_{ij-ср}}, \quad (1)$$

где  $\lambda_n$  – ожидаемая частота аварий на n-м участке трасы,  $B_n$  – балльная оценка n-го участка МГ, I – общее число групп факторов влияния, i – номер группы, J(i) – общее количество факторов влияния в i-й группе, j – номер фактора влияния,  $B_{ij-ср}$  – балльная оценка среднестатистического значения ij –го фактора влияния,  $\kappa_{вл}$  – общий коэффициент влияния,  $\kappa_{рег}$  – региональный коэффициент влияния,  $\kappa_{возр}$  – возрастной коэффициент влияния,  $\kappa_{кат}$  – категоричный коэффициент влияния,  $F_n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} p_i q_{ij} B_{ij}$  – балльно – факторное значение [2], определяющееся на основе группы факторов влияния (Таблица 1).

Как видно из формулы, общий коэффициент влияния  $\kappa_{вл}$  равен произведению регионального ( $\kappa_{рег} = 0,8 \div 1,23$ ), возрастного ( $\kappa_{возр} = 0,5 \div 1,5$ ), категоричного ( $\kappa_{кат} = 0,7 \div 1,13$ , учитывающего, по существу, влияние толщины стенки газопровода) и локального, дробь в выражении (1), коэффициентов влияния. Локальный коэффициент учитывает совокупное влияние на ожидаемую частоту аварий всех местных факторов, действующих на рассматриваемом участке газопровода с учетом статистических весовых коэффициентов  $p_i$  групп и совокупности балльных оценок  $B_{ij}$  и весовых коэффициентов  $q_{ij}$  соответствующих локальных внутригрупповых факторов влияния.



Рис. 1. Блок схема «Алгоритм количественного анализа риска».

Балльно – факторный анализ, заключается в том, что в пределах каждой группы  $FG_i$  имеется различное количество факторов влияния  $F_{ij}$ , где  $i$ - номер группы  $j$ - номер фактора в группе, относительный вклад фактора  $F_{ij}$  внутри своей группы в измерении интенсивности аварийных отказов на рассматриваемом потенциально опасном участке (ПОУ) учитывается с помощью весового коэффициента (доли факторов в группе)  $q_{ij}$ . Затем для каждого фактора определяется балльная оценка

$$F_n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} p_i q_{ij} B_{ij} \cdot$$

На данном этапе анализа используется пространственный анализ, который позволяет упростить выборку пространственных данных [4].

Таблица 1.

## Группы факторов влияния.

	Наименование группы факторов	Условная вероятность для группы факторов
FG <sub>1</sub> :	Возможные механические воздействия третьих лиц	p <sub>1</sub> =14%
FG <sub>2</sub> :	Наружная коррозия (без учета КРП)	p <sub>2</sub> =6%
FG <sub>3</sub> :	Коррозия под напряжением (КРП)	p <sub>3</sub> =37%
FG <sub>4</sub> :	Качество производства труб и оборудования	p <sub>4</sub> =12%
FG <sub>5</sub> :	Качество строительно-монтажных работ	p <sub>5</sub> =20%
FG <sub>6</sub> :	Природные воздействия	p <sub>6</sub> =6%
FG <sub>7</sub> :	Уровень технической эксплуатации	p <sub>7</sub> =5%

2. Подэтап «выбор и обоснование основных сценариев аварии», на данном этапе следует определить типовые расчетные сценарии аварий на газопроводах с указанием характерных для них поражающих факторов. В соответствии с физическими проявлениями в данной работе рассматривались 4 группы сценариев. (Таблица 2)

Таблица 2.

## Сценарии развития событий

Группа сценариев	Краткая характеристика сценария в точке разрыва МГ
1	2
C <sub>1</sub> «Пожар в котловане» («Пожар колонного типа»)	C <sub>11</sub> :После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются , ГПА не отключаются в течении T <sub>откл</sub> >2 мин, скорость ветра 0 м/с→Вертикальный горящий цилиндр с L <sub>ф</sub> /D <sub>эф</sub> =2
	C <sub>12</sub> :После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются , ГПА не отключаются в течении T <sub>откл</sub> >2 мин, скорость ветра 10 м/с направление ветра – перпендикулярно направлению оси МГ, вправо по ходу газа→Наклонный «правый» горящий цилиндр с L <sub>ф</sub> /D <sub>эф</sub> =2

Продолжение таблицы 2

1	2
	С <sub>13</sub> :После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются , ГПА не отключаются в течении $T_{откл}>2$ мин, скорость ветра 10 м/с направление ветра – перпендикулярно направлению оси МГ, влево по ходу газа→Наклонный «левый» горящий цилиндр с $L_{ф}/D_{эф}=2$
С <sub>2</sub> «Струевые пламени»	С <sub>21</sub> :После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются , ГПА не отключаются в течении $T_{откл}>2$ мин. Имеют место 2 настильные высокоскоростные свободные струи горящего газа, направленные в противоположных направлениях вдоль оси МГ с общей условной точкой истечения
С <sub>3</sub> «Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа»	С <sub>31</sub> :После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются , ГПА не отключаются в течении $T_{откл}>2$ мин, скорость ветра 15 м/с, класс устойчивости – D→Рассеивающийся шлейф газа
С <sub>3</sub> «Рассеивание двух струй газа»	С <sub>41</sub> :После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются , ГПА не отключаются в течении $T_{откл}>2$ мин. Имеют место 2 настильные струи газа, направленные в противоположных направлениях вдоль оси МГ с общей условной точкой истечения с дальнейшим рассеиванием в атмосфере.

Сценарии развития определяются рядом факторов, в соответствии с их влиянием на характер поступления газа в атмосферу и на особенности распространения опасных веществ или энергии (тепловой радиации волн) в окружающей среде. Часть факторов является детерминированными, поскольку они связаны с местными условиями, существующими на анализируемом ПОУ МГ, а часть задается экспертами. Формирование расчетных сценариев для каждого ПОУ в рамках данной работы выполнялось путем варьирования следующих факторов (Таблица 3).

Таблица 3.

## Факторы для формирования расчетных сценариев

Задающий фактор	На какую группу сценариев распространяется	Возможные значения фактора			
Срабатывание линейных кранов	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	Закрываются оба крана с пом. ААЗК на границах аварийной секции МГ через T <sub>откл</sub> = 2 мин	Закрывается один кран на границах аварийной секции МГ через T <sub>откл</sub> = 2 мин, ГПА не отключаются	Краны на границах аварийной секции на закрываются, ГПА не отключаются в течении T <sub>откл</sub> > 2 мин	-
Геометрия «пожара в котловане» - L <sub>ф</sub> /D <sub>эф</sub>	C <sub>1</sub>	2	4		
Скорость ветра	C <sub>1</sub> ,C <sub>3</sub>	0	5	10	
Направление ветра	C <sub>1</sub> ,C <sub>3</sub>	С	В	Ю	З
Угол отклонения осей двух струй газа от проектного положения оси МГ в вертикальной плоскости	C <sub>2</sub> ,C <sub>4</sub>	На 8 град. Вверх (настильные струи)	На 15 град вверх (наклонные струи)		
Угол отклонения осей двух струй газа от проектного положения оси МГ в горизонтальной плоскости	C <sub>2</sub> ,C <sub>4</sub>	0	+15, -15 (т.е. в разные стороны от оси МГ)	+15, +15 обе струи в одну сторону от оси МГ	-15, -15 обе струи в одну сторону от оси МГ
Класс стабильности атмосферы	C <sub>3</sub> ,C <sub>4</sub>	А,В,С,Д,Е,Ф			
Длина разрыва трубопровода	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	От 6 до 75м в зависимости от диаметра МГ			

На основе всех наборов сценариев, проводится расчет территориального распределения основной физической характеристики поражающего фактора с

построением соответствующих изолиний и последующим пространственным анализом.

3. Подэтап «расчет ущерба» состоит в выполнении следующих пунктов:

3.1. Определение объектов относящихся к собственности владельца МГ

3.2. Определение объектов относящихся к собственности третьих лиц

3.3. Расчет возможного ущерба от полного или частичного уничтожения/повреждения имущества владельца МГ теми или иными поражающими факторами аварии для каждого расчетного сценария аварии.

3.4. Расчет возможного ущерба от полного или частичного уничтожения/повреждения имущества третьих лиц теми или иными поражающими факторами аварии для каждого расчетного сценария аварии.

3.5. Определение ущерба компонентам природной среды теми или иными поражающими факторами аварии для каждого расчетного сценария аварии.

3.6. Определение суммарной оценки ущерба в денежном эквиваленте от развития сценария для каждого расчетного сценария аварии.

4. Подэтап «расчет потенциального коллективного индивидуального и социального рисков» состоит из выполнения следующих пунктов:

4.1. Определение в каждой расчетной точке территории ОПО и вокруг неё значения потенциального риска, рассчитываемого с учетом ожидаемой частоты аварий на всех принятых к рассмотрению источников опасности на ОПО и возможных поражающих факторов, реализуемых при авариях на источниках, на человека, условно постоянно находящегося в рассматриваемой точке;

4.2. Построение изолиний потенциального риска на плане территории ОПО и вокруг него;

4.3. Расчет показателей коллективного, индивидуального и социального риска для персонала и населения, с учетом конкретного распределения людей по территории пребывания на ней, а также адекватности их действия и/или эффективности штатной систем защиты.

5. Подэтап «расчет ожидаемого годового ущерба» состоит из определения в денежном выражении ожидаемых годовых ущербов различным реципиентам (соц. эконом. ущерба, прямого ущерба имуществу организации, ущерба имуществу третьих лиц, затрат на ликвидацию, экологического ущерба) и суммарного ожидаемого годового ущерба на основе выполненных на предыдущем этапе расчетов.

6. Подэтап «определение перечня наиболее опасных составляющих ОПО. Сравнение показателей риска с рекомендуемыми уровнями приемлемого риска» состоит из:

6.1. В определении наиболее вероятных и наиболее опасных по последствиям сценариев аварий на ОПО;

6.2. Выделение по результатам проведенного анализа риска наиболее опасных по показателям риска составляющих ОПО;

6.3. Сравнение рассчитанных показателей риска для различных категорий реципиентов с рекомендованными уровнями приемлемого риска или другими показателями обоснованной базы сравнения для тех же категорий реципиентов.



### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЧАСТОТЫ

Как видно для решения данной задачи одной из необходимых условий является установление связи (между объектами – реципиентами и ПОУ) и моделирование развития последствий реализации конкретного расчетного сценария аварии. Для решения этой задачи наиболее удобно использовать пространственный анализ, который включает в себя три основных направления:

1. Исследование изменений объектов в пространстве;
2. Изучение пространственно-временных закономерностей;
3. Пространственный прогноз, который предлагает варианты развития ситуации.

позволяет решить данную задачу.

Традиционно, ГИС предназначены для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственно-временных данных. Так, согласно [5], технология ГИС объединяет традиционные операции для работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа, который предоставляет карта. Именно это и является наиболее мощным отличием ГИС от прочих информационных систем и от их эффективности напрямую зависит эффективность и полезность самих ГИС. Поэтому использование ГИС в задачи проведения количественного анализа риска, является наиболее целесообразным и оптимальным выбором.[3]

Технологическая схема процесса проведения анализа частоты представлена на (рис2.).

В соответствии с алгоритмом анализ частоты состоит из рядов этапов, на первом этапе, происходит построение буферных зон вокруг объектов газотранспортной сети (ГТС), а также определяются характеристики объекта и характеристики местности где расположен объект (тип грунта, его коррозионные свойства и другие). После этого производится расчет ожидаемой частоты аварий. При выборе сценариев, для каждого из объектов ГТС определяется ряд детерминированных и задающих факторов (задает эксперт), после чего происходит выбор сценариев развития аварии. Далее, для каждого из расчетных сценариев определяется вероятность наступления данного события.

В соответствии с алгоритмом анализ частоты состоит из рядов этапов, на первом этапе, происходит построение буферных зон вокруг объектов газотранспортной сети (ГТС), а также определяются характеристики объекта и характеристики местности где расположен объект (тип грунта, его коррозионные свойства и другие). После этого производится расчет ожидаемой частоты аварий. При выборе сценариев, для каждого из объектов ГТС определяется ряд детерминированных и задающих факторов (задает эксперт), после чего происходит выбор сценариев развития аварии. Далее, для каждого из расчетных сценариев определяется вероятность наступления данного события.

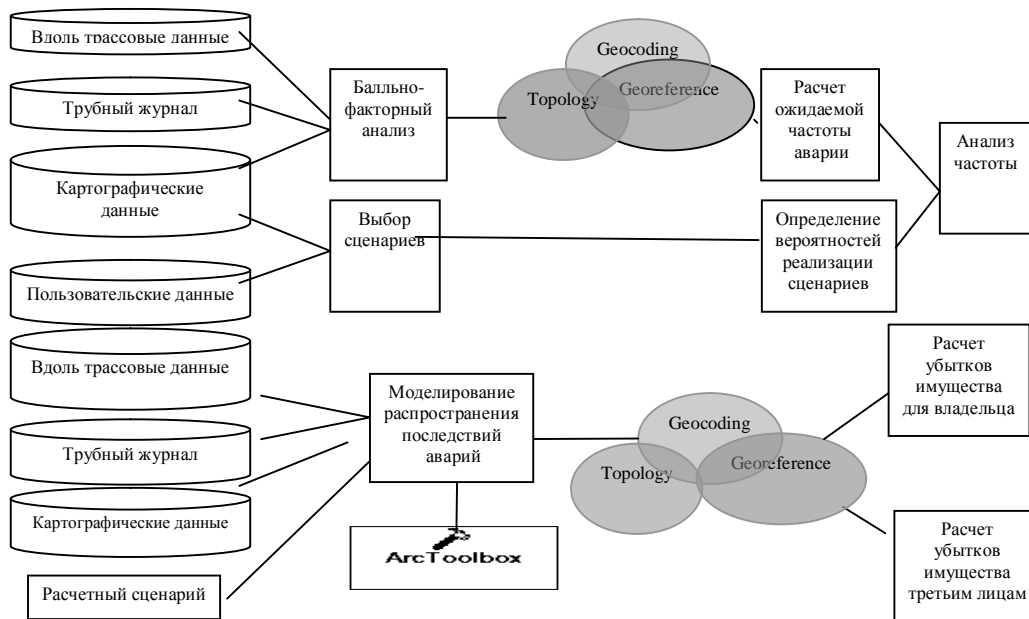


Рис. 2. Блок схема «Технологическая схема Анализа частоты».

Для сценариев из группы  $C_1 C_2$  расчет условных вероятностей выполняется по следующим формулам:

$$P(C_{ij}|A) = P(B|A) * P(C_i|AB) * P(C_{ij}|ABC_i), i=1,2$$

$$P(C_{ij}|A) = P(\bar{B}|A) * P(C_i|A\bar{B}) * P(C_{ij}|A\bar{B}C_i), i=3,4$$

$A$  – событие состоящее в возникновении аварии (разрыв МГ),  $B$  – событие, состоящее в возгорании истекающего газа сразу после разрыва МГ,  $C_i$  – событие, состоящее в реализации хотя бы одного из сценариев группы  $C_i$ ,  $C_{ij}$  – событие, состоящее в реализации конкретного  $j$ -го сценария группы  $C_i$ .

На втором этапе выполняется моделирование распространения последствий аварий, проводится многомерный буферный анализ, определяются топологические характеристики пространственных отношений объектов к буферным зонам, выполняется расчет ущерба в зависимости от типа объекта, его стоимостных характеристик. Далее считается суммарный ущерб.

### АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

Разработанная система состоит из ряда модулей, позволяющих последовательно выполнить весь комплекс процедур единого процесса анализа. Входными данными о структуре объектов линейной части магистрального газопровода и их состоянии являются данные внутритрубной дефектоскопии, которые в процессе геокодированного импорта формируют в базе данных географически корректные информационные блоки: «Трубный журнал»,

«Магнитные аномалии», «Особенности трассы», «Реперные точки». После выполнения импорта производится оценка нагрузки на газопровод при действующих режимах транспортировки газа и оценка опасности выявленных дефектов (магнитных аномалий) в соответствии с наиболее распространенными мировыми стандартами. В рамках данной работы был разработан модуль «Оценка рисков» который использует «ситуационные данные», «экспертные данные», «географические данные» и паспортные данные об обнаруженных дефектах («паспорт дефектов») для каждого ПОУ, проводит моделирование ситуации, и оценку риска возникновения аварийных ситуаций в соответствии с изложенным выше алгоритмом. Данный модуль используется для проведения пространственного анализа и доступа к данным ArcGis Server 10.0, с опубликованными на нем необходимыми служебными сервисами Geometry Service и Geoprocessor Service. На выходе из модуля он передает «тонкому клиенту» координаты точек ПОУ, а также контрольные зоны влияния при аварии на данном ПОУ. «Тонкий клиент» позволяет пользователю кроме работы с картографической информацией, по расчетным точкам, проводить многомерный пространственный анализ, при этом пользователь может задавать кроме «задающих параметров» для расчета основных сценариев работы, еще и параметры для проведения пространственного анализа. После этого, по каждой из буферных зон производится пространственный поиск объектов, которые попадают в зону влияния факторов возможной аварийной ситуации на данном ПОУ и проводится расчет возможного ущерба (рис 2).

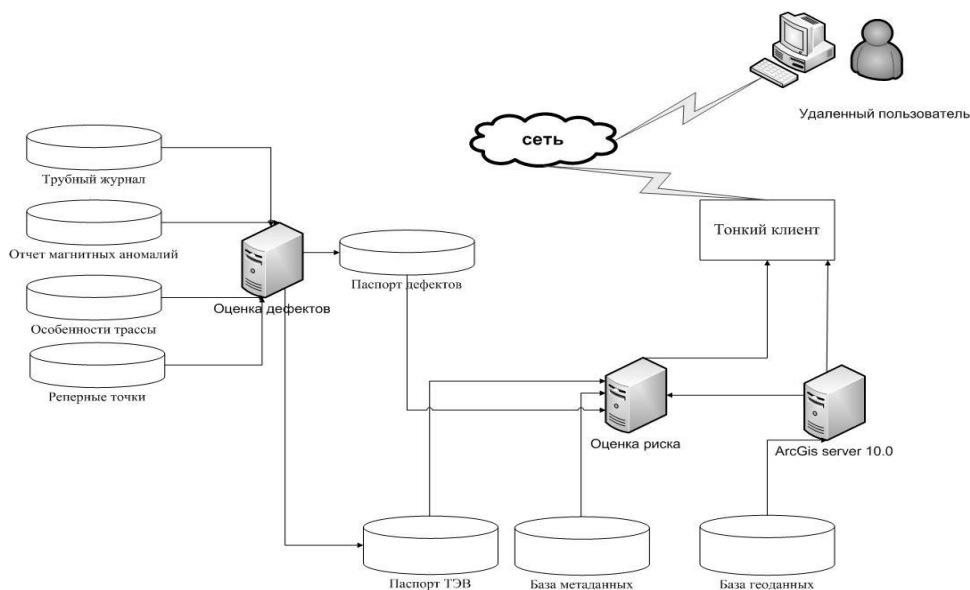


Рис. 3. Архитектура системы.

«Удаленный пользователь» или эксперт, работает с системой в удаленном режиме посредством локальной сети.

Для хранения данных используется СУБД Oracle.

Серверное приложение «Оценка дефектов» реализовано на языках программирования Asp.net, xaml,.Net.

Серверное приложение «Оценка риска» реализован на языке программирования на Asp net, модуль «тонкий клиент» реализован на языке программирования mxml.

Доступ к базам данных реализован при помощи Ado net, ArcSDE 10.0.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Для опробования данной методики и программных модулей была проведена оценка рисков для линейной части магистрального газопровода одного из Дочерних обществ ОАО «Газпром».

На вход системы были поданы результаты ВТД, технологические схемы ЛЧ МГ, и картографические данные.

На (рис 3) показан пример работы тонкого клиента в режиме работы с картографическими данными. К функциям данного режима относятся импорт данных, построение тематических карт, пространственный поиск и т.д.

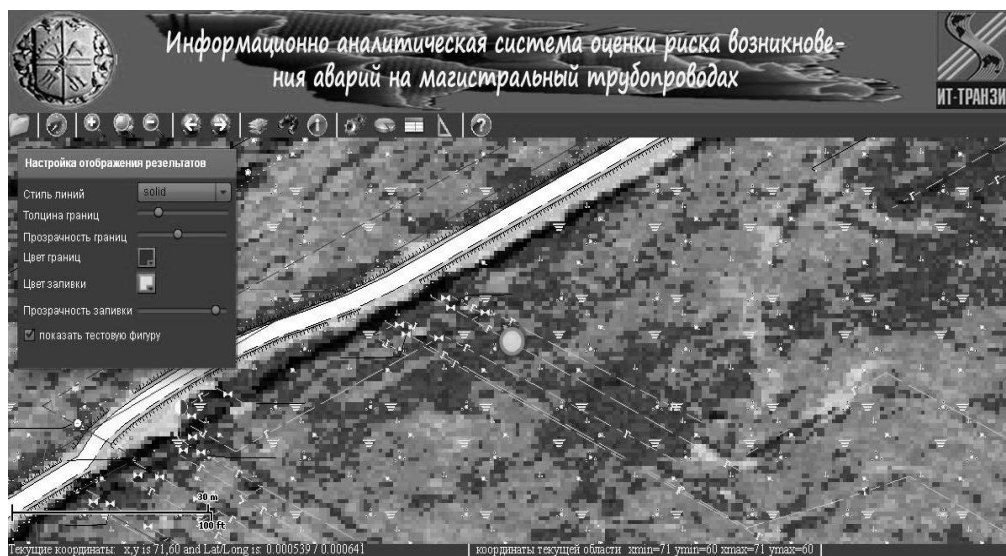


Рис. 3. Пример работы «тонкого клиента» в режиме работы с картографическими данными.

На (рис 4) виден пример работы «тонкого клиента» в режиме «анализа рисков», при этом пользователь может настраивать вид визуализации, проводить идентификацию и на основе имеющихся данных моделирования изменяя «задающие факторы» проводить экспертную оценку.

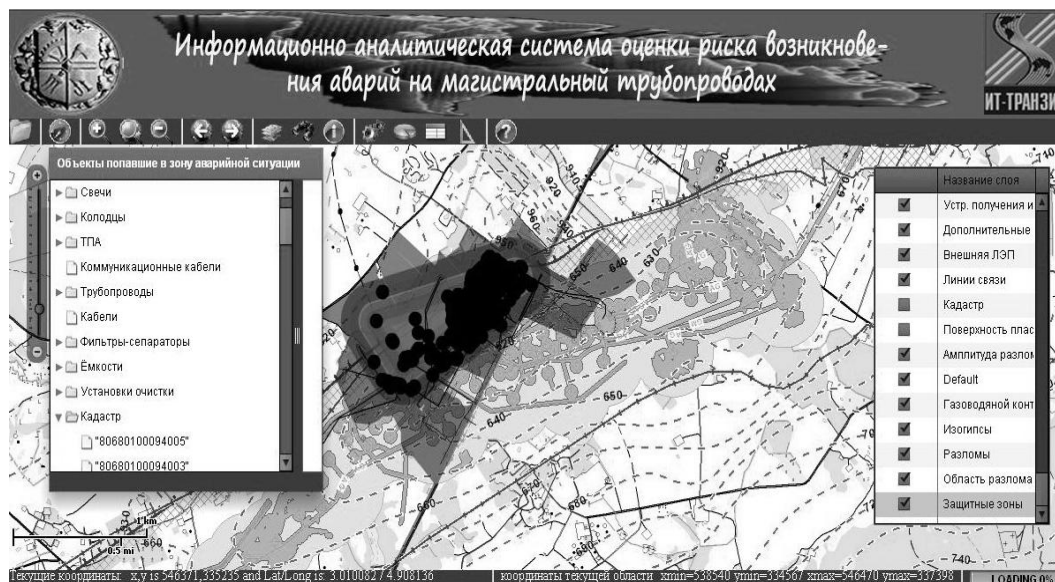


Рис. 4. Пример работы «тонкого клиента» в режиме анализ рисков.

## ВЫВОДЫ

1. В работе обоснована необходимость использования гибридной ГИС для решения задач моделирования и прогнозирования техногенного риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий, так как в традиционных ГИС технологиях заложен механизм, позволяющий проводить процесс моделирования и пространственного анализа, что позволяет оптимизировать и упростить процесс моделирования техногенных рисков.

2. На основе предложенного алгоритма, разработана архитектура гибридной ГИС.

3. Методика и программные модули реализованы и опробованы на реальных данных магистральных газопроводов

## Список литературы

1. СТО Газпром 2-2.3-351 – 2009.
2. Овчаров С.В. Методики оценки показателей риска при авариях на магистральных газопроводах // С.В.Овчаров, С.А.Ковалев // Информационный бюллетень ЦНТД – М, №9 (51) – С 9-15.
3. Метешкин К.А. Совершенствование возможностей ГИС на основе применения нечетких множеств / К. А. Метешкин, И.М. Патракеев, А.А. Евдокимов // Системы обработки информации – 2008 . – №5(72). – С. 93-95.

4. Овчаров С.В. О некоторых методах оценки частоты аварий на магистральных трубопроводах при расчете пожарного риска// Безопасность труда в промышленности //М №2 – С 61-69.
5. Березко А. Интеллектуальная ГИС/ А.Березко, А.Рыбкина, А.Соловьев, Р.Красноперов. // Вестник ОЗН РАН, – Том 1. – 2009. – С. 1-7.
6. Рекомендации по учету влияния технико-технологических, природно-климатических и других факторов при прогнозировании аварийности на МГ ОАО «Газпром»

**Верченев О.Д. Моделивання техногенного ризику для небезпечних виробничих об'єктів газотранспортних підприємств з використанням ГІС технологій / О.Д Верченев , А.А. Верлань, С.В Волкодав, А.Г.Міхайленко, А.С. Марков, А.В. Янчук // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Географія. – 2012. – Т.25 (64). – № 1 – С. 14-27.**

У роботі обґрунтована необхідність використання гібридної ГІС для вирішення завдань моделювання та прогнозування техногенного ризику для небезпечних виробничих об'єктів газотранспортних підприємств, так як в традиційних ГІС технологіях закладений механізм, що дозволяє проводити процес моделювання та просторового аналізу, що дозволяє оптимізувати і спростувати процес моделювання техногенних ризиків. Також в роботі запропонована архітектура програмної системи, що дозволяє використовувати ГІС в задачах моделювання та прогнозування техногенних ризиків, описаний розроблений алгоритм розрахунку техногенних ризиків для небезпечних виробничих об'єктів будь газотранспортної компанії.

**Ключові слова:** геоінформаційні системи, техногенний ризик, моделювання, прогнозування

**Verchenov A.D. Simulation of the anthropogenic risk of the hazardous facilities of the gas transportation enterprises with the help of GIS technologies / A.D. Verchenov, A.A. Verlan, S.V. Volkodav ,A.G Mikhaylenko, O.S. Markov ,A.V Ianchuk // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2012. – Vol. 25 (64). – № 1 – P. 14-27.**

In this paper the necessity of using a hybrid GIS for solving the problems of modeling and forecasting of technogenic risk of hazardous production facilities gas transmission companies, as in traditional GIS technologies incorporated a mechanism to carry out the process of modeling and spatial analysis to optimize and simplify the modeling process of man-made risks. Also in the proposed architecture of a software system that allows use of GIS for modeling and prediction of man-made risks described algorithm developed by man-made risks of hazardous production facilities of any gas transmission company.

**Keywords:** geoinformatonal systems, GIS, man-made risks, modeling, forecasting.

*Поступила в редакцію 25.04.2012 г.*