

Российская академия наук Сибирское отделение

ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

УДК 624.04

УТВЕРЖДАЮ

зам. директора Института  
вычислительного моделирования  
СО РАН, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.В. Москвичев

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007 г.

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО И КОМПЛЕКСНОГО РИСКОВ  
ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)**

Государственный контракт № 02.517.11.9011  
в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям  
развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»

Руководитель темы

\_\_\_\_\_ А.В. Триворнов  
подпись, дата

Красноярск 2007

## СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

\_\_\_\_\_

А.В. Триворнов

подпись, дата

## РЕФЕРАТ

Отчет 25 с., 2 ч., 5 рис., 2 табл., 6 источников.

### РИСК, ТЕХНОГЕННЫЕ АВАРИИ, ПРИРОДНЫЕ СТИХИЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Настоящий отчет содержит результаты работ по НИР "Оценка техногенного и комплексного рисков территориально-промышленных образований (на примере Красноярского края)».

На основе анализа статистики чрезвычайных ситуаций за 2001-2006 годы выполнены оценки индивидуальных, коллективных, социальных и комплексных рисков техногенных, природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций в Красноярском крае. Выполнено районирование территорий края по уровню риска.

По результатам научно-исследовательской работы был подготовлен и издан информационно-методический материал «Расчет значений индивидуальных и комплексных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для населения городов и районов края, районирование территорий края по степени риска». На его основе Агентством по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности администрации Красноярского края разрабатываются мероприятия по снижению уровня рисков территорий Красноярского края.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
<b>1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО И КОМПЛЕКСНОГО РИСКОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ....</b>	<b>8</b>
1.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И МЕТОДИКА ИХ ОБРАБОТКИ .....	8
1.2 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ, КОЛЛЕКТИВНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	11
<b>2. ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ РИСКОВ ЧС ...</b>	<b>14</b>
2.1 ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РИСКОВ .....	15
2.2 ОЦЕНКА КОЛЛЕКТИВНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ .....	17
2.4 ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ .....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	25

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ввиду разночтений определяющих терминов в нормативной и научной литературе, в настоящем отчете о НИР были приняты следующие определения оцениваемых параметров и характеристик [1 - 3].

**РИСК ТЕХНОГЕННЫЙ** – обобщенная характеристика опасности в техногенной сфере, определяемая через вероятность возникновения техногенной аварии или катастрофы, и математическое ожидание ущерба от них.

**РИСК ПРИРОДНЫЙ** - под природным риском понимается возможность нежелательных последствий от неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов. Природный риск измеряется вероятной величиной потерь за определенный промежуток времени. Потери могут быть выражены в человеческих жертвах (в этом случае применяются такие же показатели как и для техногенных ЧС – риск индивидуальный и коллективный) или в экономическом ущербе.

**РИСК ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ** – вероятность или частота реализации поражающих воздействий определенного вида (смертельный исход, нетрудоспособность, серьезные травмы без потери трудоспособности, травмы и повреждения) для индивидуума в определенной точке пространства (где может находиться индивидуум).

**РИСК КОЛЛЕКТИВНЫЙ** – обобщенная характеристика опасности в техногенной сфере, определяемая как среднее число погибших при техногенной аварии или катастрофе.

**РИСК СОЦИАЛЬНЫЙ** – обобщенная характеристика опасности, определяемая как вероятность гибели 10 и более человек при возникновении техногенной аварии, катастрофы или иной чрезвычайной ситуации.

**РИСК КОМПЛЕКСНЫЙ** – обобщенная характеристика опасности, определяемая как вероятность возникновения ущерба или человеческих жертв при одновременном воздействии природных и техногенных источников опасности на рассматриваемой территории.

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с принятой на государственном уровне концепцией безопасного развития производственного потенциала России особое значение получили вопросы мониторинга источников опасности и прогнозирования риска чрезвычайных ситуаций природного, природно-техногенного и техногенного характера. От достоверности идентификации источников опасности и оценок территориального риска зависят оценки материальных и финансовых резервов, необходимых для локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

В настоящее время оценки безопасности территорий и населения региона с учетом риска техногенных и природно-техногенных катастроф проводятся в недостаточных объемах. Имеет место многообразие применяемых методологических подходов к анализу катастрофических процессов. В результате наблюдаются существенные различия получаемых оценок риска, затрудняющие сопоставления и выявления наиболее опасных технологий, процессов и систем, определение рискоопасных территорий.

Одной, из наиболее опасной, с точки зрения возникновения ЧС природно-техногенного характера, территорией Сибирского Федерального округа является Красноярский край. Его территория характеризуется активным проявлением опасных природных процессов и наличием значительного числа опасных производственных объектов, которые могут стать источниками природных катастроф и техногенных аварий. Вовлечение все новых территорий Красноярского края в хозяйственное освоение, большая изношенность производственных фондов промышленных объектов приводит к возникновению чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся ущербом хозяйству края, а нередко – и человеческим жертвам.

В связи с изложенным, представляется актуальной разработка методических подходов к оценке техногенных и комплексных рисков территориально - промышленных образований и получение такого рода оценок для территорий Красноярского края, имеющего широкий спектр источников ЧС природного и техногенного характера.

В соответствии с Техническим заданием цель исследований заключалась в разработке методических подходов оценки техногенных и комплексных рисков территориально-промышленных образований на основе ГИС-технологий. Для реализации этой цели в работе ставились следующие задачи:

- сбор, анализ и обработка данных о чрезвычайных происшествиях, техногенных авариях и природных стихийных явлениях на территории Красноярского края за период 2001 – 2006 годов;
- проведение количественной оценки индивидуальных, коллективных, социальных и комплексных рисков для отдельных территорий (районов) Красноярского края;
- построение карт риска и районирование риска Красноярского края.

Основные результаты по теме:

- разработана методика построения карт риска территорий на базе ГИС-технологий;
- получены оценки индивидуального, коллективного, социального и комплексного рисков для отдельных видов опасности в Красноярском крае;
- построены электронные карты техногенного и комплексного риска Красноярского края.

В результате выполненных исследований разработана методическая база и ГИС-технологии, позволившие осуществить расчеты значений индивидуальных, коллективных, социальных и комплексных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для населения районов края, а также провести районирование территорий края по степени риска.

# 1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО И КОМПЛЕКСНОГО РИСКОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

## 1.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И МЕТОДИКА ИХ ОБРАБОТКИ

Красноярский край занимает площадь 2339,7 тысяч км<sup>2</sup> (13,7% территории РФ). Более 95% населенных пунктов, почти вся промышленность (кроме городов Норильск, Игарка, Дудинка, Талнах и Кайеркан) и сельское хозяйство сосредоточено в центральной и южной частях края [4]. Административно-территориальная характеристика края представлена в таблице 1.

Основные отрасли промышленности: электроэнергетика; топливная промышленность; черная металлургия; цветная металлургия; химическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая; машиностроение и металлообработка; лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная; промышленность строительных материалов; легкая промышленность; пищевая промышленность; микробиологическая промышленность; мукомольно-крупяная и комбикормовая промышленность; медицинская промышленность; полиграфическая промышленность.

Край является крупнейшим сельскохозяйственным регионом Восточной Сибири. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 5,2 млн. га, в том числе 3,2 млн. га пашни. На долю Красноярского края в Восточно-Сибирском регионе приходится 42-43% общих объемов производства зерна, картофеля и овощей, 41% молока, 36-38% мяса и яиц.

По выработке электроэнергии край составляет 25% от Сибири и 5,5% от России. В эксплуатации находится около 70 тыс. км<sup>2</sup> линий электропередач. Красноярская энергосистема "Красноярскэнерго" связана с Иркутской и Кузбасской энергосистемами по линиям электропередачи 500, 220 и 110 кВ.

*Таблица 1*

Административно-территориальная характеристика  
Красноярского края

Количество городов	24
в том числе:	
– республиканского подчинения	2
– краевого подчинения	15

– районного подчинения	7
Количество районов	42
Количество поселков городского типа	43
Количество сельских населенных пунктов	1697
Население, тыс. чел.	2942,0
в том числе:	
– городское	2233,8
– сельское	708,2
г. Красноярск	912,8
г. Норильск (вместе с городами Талнах и Кайеркан)	220,5
г. Ачинск	118,1
г. Канск	102,2
г. Железногорск	102,6
г. Минусинск	72,9
г. Лесосибирск	70,8
г. Зеленогорск	69,4

Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет 17,4 тыс. километров, железнодорожных путей - 3,8 тыс. километров, водных путей - 5,9 тыс. километров.

На территории края, вследствие производственной деятельности, а также неблагоприятных климатических условий, возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций различного характера:

- аварий с выбросом радиоактивных веществ;
- аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ;
- катастрофического затопления при разрушении плотин гидроузлов;
- крупных производственных аварий и пожаров;
- лесных пожаров;
- наводнений и паводков;
- аварий и крушений на железнодорожном транспорте;
- авиакатастроф;
- аварий на коммунально-энергетических сетях;
- снежных лавин, заносов и селевых потоков;

– взрывов взрывчатых материалов при их транспортировке и хранении, а также боеприпасов на складах войсковых частей, дислоцированных на территории края.

Также реальна угроза возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных:

- затоплением пахотных земель при наводнениях;
- несанкционированным подтоплением земель в результате нарушения естественного водосброса;
- образованием обширной зоны кислотных осадков;
- истощением и загрязнением источников питьевой воды;
- снижением содержания растворенного в воде кислорода.

С учетом этого территория края рассматривалась как многокомпонентная система с заданным набором источников опасности в виде:

- техногенных аварий и катастроф – пожаров, аварий на промышленных объектах, транспортных аварий, обрушений зданий, разрушений инженерных сооружений, аварий в системах жизнеобеспечения и т.п.;
- природных стихийных бедствий – метеорологически опасных явлений (бурь, ураганов, ливней, сильных снегопадов, сильных морозов), гидрогеологически опасных явлений (наводнений, ранних ледоставов, ледовых заторов), геофизически и геологически опасных явлений (землетрясений, осыпей, обвалов), лесных пожаров.

Для риска использованы данные официальной отчетности о ЧС в крае за 2001-2006 годы. Методика предварительной обработки статистики чрезвычайных ситуаций заключалась в группировке данных по видам, хронологии и районам проявления. При этом анализировались зоны поражения, число погибших, пострадавших и экономические ущербы. Экономические ущербы, как правило, включали только официально зафиксированные прямые потери.

## 1.2 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ, КОЛЛЕКТИВНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Анализ источников опасности и угроз показывает, что на территории края возможно возникновение ряда природных, техногенных и природно-техногенных ЧС [5]. С учетом этого сформулируем расчетную модель, позволяющую дать количественную оценку территориальных рисков. В общем случае динамику ЧС на рассматриваемой территории можно рассматривать как пуассоновский поток событий с заданными интенсивностями, зависящими от вида ЧС. Тогда риск для территории площадью  $S$  можно представить в следующем виде

$$R(S) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \int_S P_{ijk}(S) V_{ijk}(S) U_{ijk}(S) dS, \quad (1)$$

где  $n, m, l$  – число возможных ЧС природного, техногенного и природно-техногенного характера;  $P_{ijk}(S)$  – вероятность возникновения ЧС;  $V_{ijk}(S)$  – вероятность поражения природной среды, населения и инфраструктуры при ЧС;  $U_{ijk}(S)$  – ущербы и потери от ЧС.

Вероятность ЧС, в предположении стационарности пуассоновского потока событий, будет следующей

$$P_{ijk}(S) = 1 - \exp\left\{-I_{ijk}(S_0) \frac{S}{S_0}\right\}, \quad (2)$$

где  $S_0$  – эталонная площадь, для которой статистически определена интенсивность событий  $I$ .

Вероятность поражения в настоящее время принято оценивать с использованием "пробит-функции" в предположении нормального закона распределения вероятностей [6]. Ущерб в первом приближении (без дисконтирования во времени) можно представить как

$$U_{ijk}(S) = \int_0^t N_{ijl} C_{ijk}(t) dt, \quad (3)$$

где  $N_{ijk}$  – число поражаемых элементов,  $C_{ijk}$  – удельные экономические потери.

Решение задачи оценки территориального риска в форме (1) требует проведения детального анализа статистики ЧС с оценкой "эталонной" площади  $S_0$ , интенсивностей событий  $I$ , ущербов  $U$ , вероятностей поражения  $V$ . Для районирования опасности территорий и построения карт риска в качестве параметра  $S$  целесообразно использовать площади административных районов, а в качестве меры  $S_0$  – площади зон поражения или зон угрозы отдельных ЧС.

Методика предварительной обработки статистики чрезвычайных ситуаций заключалась в группировке данных по видам, хронологии и районам проявления. При этом анализировались зоны поражения, число погибших, пострадавших и экономические ущербы. Экономические ущербы, как правило, включали только официально зафиксированные прямые потери. На основе статистических расчетов оценивались следующие показатели:

Индивидуальный риск  $R_i$  определяется по данным статистики чрезвычайных происшествий как вероятность гибели человека от определенной причины в определенной точке  $(x, y)$  рассматриваемой территории края с использованием формулы

$$R_i(x, y) = \frac{1}{N} H I_j \iint_S E_j P_j(x, y) j(x, y) dx dy, \quad (4)$$

где  $H$  – частота возникновения аварии на объекте;  $\lambda_j$  – вероятность возникновения  $j$ -того сценария аварии;  $E_j$  – вероятность появления поражающего фактора в  $j$ -том сценарии аварии на  $i$ -той территории;  $P_j$  – вероятность гибели человека от действия поражающего фактора;  $N$  – численность людей на рассматриваемой территории,  $\varphi$  – плотность распределения людей на рассматриваемой территории.

Коллективный риск  $R_k$  гибели на рассматриваемой территории в результате аварии на опасном объекте вычисляется в виде

$$R_k = \sum_j H I_j \sum_i E_{ij} P_{ij} N_i. \quad (5)$$

Комплексный риск  $R_c$  определяется как среднее число погибших в течение года от определенных причин или их совокупности на рассматриваемой территории

$$R_c = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n N_i(Q_j) \cdot P_i(Q_j) \quad (6)$$

где  $N(Q)$  - число погибших от источника угрозы  $Q$ ;  $P(Q)$  – вероятность появления угрозы  $Q$  на рассматриваемой территории в единицу времени;  $L$  - общая численность населения на рассматриваемой территории;  $m$  – число видов угроз;  $n$  – число зон поражения с разными вероятностями гибели людей.

В случае отсутствия достаточной статистической базы социальный риск может быть определен расчетным методом по данным о наработках оборудования на опасных промышленных объектах исследуемой территории и количестве людей, попадающих в зоны возможного поражения. Расчет частоты  $F$  гибели 10 и более человек производится по формуле

$$F = k \frac{T}{N} 10^{-4}, \quad (7)$$

где  $T$  – фактическая средняя наработка опасного оборудования;  $k$  – коэффициент тяжести угрозы ( $k = 0.05$  при угрозе социуму,  $k = 0.5$  при угрозе персоналу);  $N$  - число людей попадающих в зону поражения.

Возможное число людей в зонах поражения принимается в соответствии с данными перечня опасных объектов на исследуемой территории. Нарботки оборудования могут быть заданы по данным экспертных центров, занимающихся диагностикой технического состояния опасных промышленных объектов. По результатам расчетов строятся функции риска в виде диаграмм "частота – число погибших и пострадавших".

## 2. ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ РИСКОВ ЧС

С учетом изложенной в п.1.2 постановки задачи была рассмотрена статистика ЧС и выполнены оценки отдельных компонент риска на территории Красноярского края за 2001-2006 годы с построением карт рискоопасных территорий. Для построения обзорных карт использовалась комбинация тематических слоев и слоев топографической основы. Весь картографический материал был сформирован в формате ArcView shape. Карты риска построены с использованием ГИС ArcINFO 9.0.

Административная структура Красноярского края включает 51 сельский район, 20 городов и 7 городских районов (рисунок 3). Районы края разделены на 8 зон: центральную, западную, восточную, южную, ангарскую и енисейскую группы районов, а также Эвенкийский и Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономные округа. Население по территории распределено крайне неравномерно. Большая часть проживает на юге и в центре края вдоль Транссибирской ж/д магистрали, рек Енисея, Чулыма и Ангары, в Минусинской котловине, Канско-Рыбинской лесостепи и в Норильском промышленном районе.

Анализ статистики ЧС, зафиксированных территориальной подсистемой РСЧС на территории Красноярского края, показывает следующее. За период с 2001 по 2006 гг., произошло 278 техногенных и 43 природных ЧС, в том числе 4 урагана, 16 наводнений и 19 крупных лесных пожаров. По статистическим данным МЧС РФ повторяемость местных и региональных природных ЧС в крае не превышает 3-5 событий в год, что находится на среднем уровне для Российской Федерации. В то же время повторяемость ЧС межрегионального и федерального уровней оказывается выше среднероссийской и достигает 0,8 событий в год. Повторяемость ЧС техногенного характера находится в пределах 5-10 событий в год. При этом основная доля ЧС относится к локальному и муниципальному уровню. Региональные ЧС отмечаются с интенсивностью 0,4 события в год, а межрегиональные и федеральные – менее 0,2 событий в год.

Структура техногенных ЧС в крае в основном обусловлена особенностями промышленного и жилищного сектора. На рассматриваемом интервале времени произошло 2 аварии с выбросом химически опасных веществ, 10 обрушений зданий и сооружений различного назначения, 31 авария энергосистем, 44 аварии на коммунальных системах, 24 пожара и взрыва на промышленных объектах, 119 бытовых пожаров, 9 взрывов боеприпасов, 39 тяжелых транспортных аварий. Наиболее

опасными по этой компоненте угроз являются Курагинский, Емельяновский, Рыбинский, Тюхтетский, Мотыгинский районы (рисунок 4).

Анализ по видам техногенных аварий позволил получить следующие оценки вероятностей гибели: при обрушениях зданий и сооружений 0,22 на ЧС в год; при взрывах и пожарах на промышленных объектах 0,07 на ЧС в год; при бытовых пожарах 0,45 на ЧС в год; при взрывах боеприпасов 0,022 на ЧС в год; при транспортных авариях 0,66 на ЧС в год. Таким образом, наиболее "трагичными" техногенными ЧС являются бытовые пожары и транспортные аварии. Жертвы при природных ЧС связаны с прошедшими в крае ураганами.

С учетом численности жителей в населенных пунктах с критически важными объектами и в зонах проявления природных ЧС обобщенное значение индивидуального риска гибели при ЧС для территории края находится на уровне не ниже  $8,27 \times 10^{-8}$  на ЧС в год. При этом для техногенных ЧС данный показатель составляет  $9,65 \times 10^{-8}$  на ЧС в год, а для природных ЧС –  $1,72 \times 10^{-9}$  на ЧС в год. Оценка комплексного риска составляет около  $1,8 \times 10^{-9}$  на ЧС в год. Более детальный анализ риска ЧС представлен ниже.

Средние экономические прямые потери в крае по имеющимся статистическим оценкам составляют 1390 руб./ на ЧС в год. Дать более детальный анализ экономических потерь не представляется возможным в виду отсутствия полной статистики ущербов, включающей не только прямые, но и косвенные потери.

## **2.1 ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РИСКОВ**

Детальный анализ статистики и расчет значений индивидуальных рисков для различных видов угроз и районов края показал следующее. Риск гибели при бытовых пожарах составляет  $4,8 \times 10^{-6}$  –  $1,42 \times 10^{-4}$  на ЧС в год. При этом для большинства районов он находится в диапазоне  $1,3 \times 10^{-5}$  –  $9,15 \times 10^{-5}$  на ЧС в год. Наиболее опасными по этому виду риска являются Тюхтетский, Шарыповский, Ачинский, Краснотуранский районы.

Пожары и взрывы на промышленных объектах в статистике ЧС представлены малым числом событий. Поэтому полученные оценки индивидуального риска  $2,29 \times 10^{-6}$  –  $1,08 \times 10^{-4}$  на ЧС в год можно считать ориентировочными. Аналогичная ситуация наблюдается для угроз в виде обрушений зданий и сооружений. Здесь риск составляет  $3,08 \times 10^{-6}$  –  $1,09 \times 10^{-5}$  на ЧС в год.

Риск гибели при транспортных авариях находится в довольно широких пределах:  $9,14 \times 10^{-7}$  –  $1,53 \times 10^{-4}$  на аварию в год. Риск гибели по другим источникам опасности достоверно оценить не представляется возможным ввиду отсутствия соответствующих статистических данных.

Гибель людей от природных ЧС представлена 1 случаем (ураганный ветер в г. Красноярске). Ориентировочный индивидуальный риск составляет  $5,5 \times 10^{-9}$  на ЧС в год. Риск гибели по другим источникам опасности оценить не представляется возможным ввиду отсутствия соответствующих статистических данных.

Индивидуальные риски природных и техногенных чрезвычайных ситуаций для края в целом представлены в таблице 2. Значение индивидуального риска техногенных ЧС для края в целом составляет  $1,60 \times 10^{-4}$ , природных  $7,03 \times 10^{-7}$ , комплексного риска -  $1,61 \times 10^{-4}$ .

Временные требования Методологической группы при Главгосэкспертизе устанавливают следующие нормативные значения уровня индивидуального риска: персонал предприятия  $1 \times 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>, население  $1 \times 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>. По ГОСТ 12.3.047-98 "Пожарная безопасность технологических процессов" допустимый риск составляет  $1 \times 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>.

Таблица 2 – Индивидуальные риски для Красноярского края в целом

Тип ЧС	Риск индивидуальный, год <sup>-1</sup>
<b>Техногенные ЧС</b>	
Аварии с выбросом АХОВ	-
Обрушение зданий и сооружений	$3,86 \times 10^{-6}$
Аварии энергетических систем	-
Аварии коммунальных систем	-
Пожары и взрывы промышленные	$3,16 \times 10^{-6}$
Взрывы боеприпасов	$3,51 \times 10^{-7}$
Транспортные аварии	$4,57 \times 10^{-5}$
Пожары бытовые	$1,07 \times 10^{-4}$
<b>Природные ЧС</b>	
Землетрясения	-
Опасные метеорологические явления	$7,03 \times 10^{-7}$
Наводнения	-
Крупные лесные пожары	-

Следует отметить, что в ряде стран ЕС установлена допустимая норма индивидуального риска на уровне  $1 \times 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>. Принимая во внимание указанные выше результаты можно сделать вывод о том, что для большинства территорий и источников угроз риск оказывается выше рекомендуемых норм.

## 2.2 ОЦЕНКА КОЛЛЕКТИВНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ

Оценка коллективного риска при техногенных и природных ЧС представляет собой довольно сложную задачу, требующую оценки вероятностей поражения в разных зонах поля действия угроз и количества людей в этих зонах угроз. Статистические оценки коллективного риска на имеющейся информационной базе оказываются недостоверными или практически невозможными. Поэтому для оценок были использованы результаты анализа риска, представленные в Декларациях безопасности опасных производственных объектов на территории Красноярского края и оценки экспертных центров. По этим данным коллективный риск гибели на предприятиях химического комплекса оценивается как  $3,8 \times 10^{-4} - 8,6 \times 10^{-5}$  чел/год; на предприятиях нефтехимического комплекса  $4,3 \times 10^{-4} - 2,3 \times 10^{-5}$  чел/год; на взрыво- и пожароопасных объектах –  $6,4 \times 10^{-5} - 7,3 \times 10^{-6}$  чел/год.

Оценка социальных рисков выполнена для случаев аварий на взрывопожароопасных и химически опасных объектах, для которых в официальных источниках представлены необходимые данные. Результаты расчетов в виде графиков "частота – потери" ( $F-N$  диаграмм) представлены на рисунках 1 и 2. Как следует из результатов, социальный риск поражения (гибель, травмирование, отравление) при авариях на взрыво- и пожароопасных объектах находится в пределах  $1,98 \times 10^{-9} - 1,13 \times 10^{-5}$  (рисунок 1). При авариях на химически опасных объектах этот показатель находится в пределах  $1,9 \times 10^{-10} - 1,16 \times 10^{-7}$  (рисунок 2). Столь малые расчетные значения вероятностей социально значимых потерь отчасти соотносятся с опытом. На исторически наблюдаемом отрезке времени интенсивного промышленного развития в крае не зафиксированы крупные техногенные аварии с массовой гибелью или поражением людей.

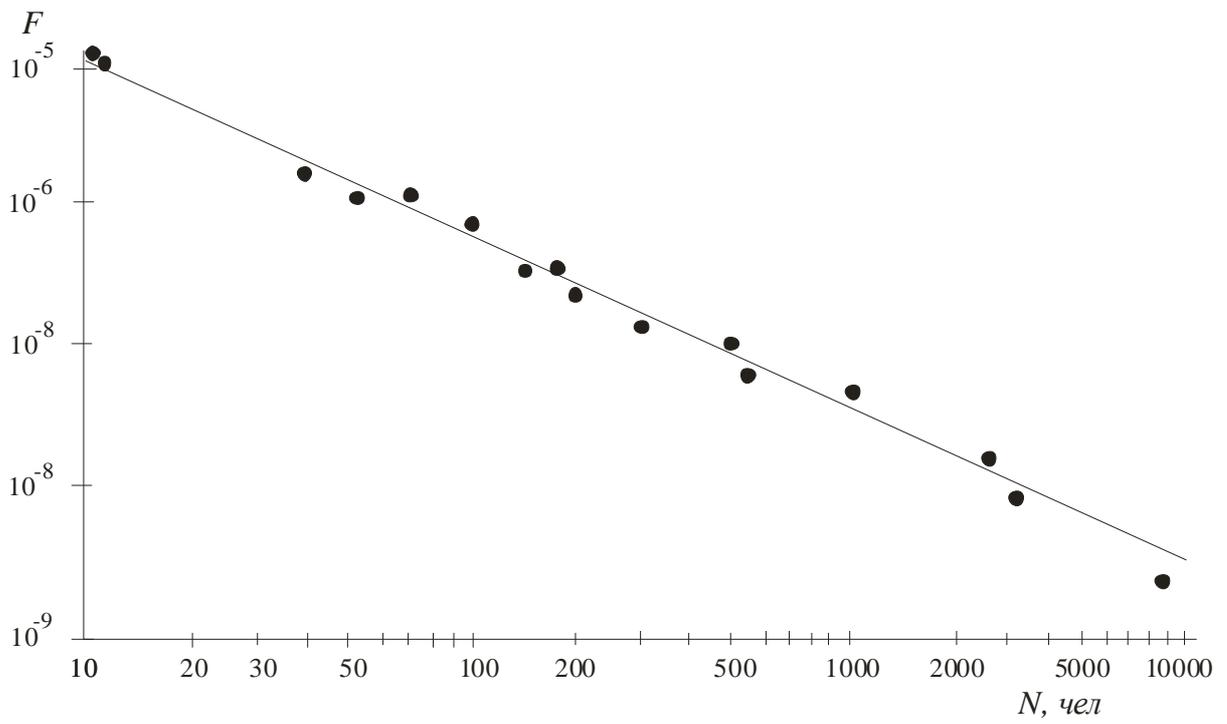


Рисунок 1 - Социальный риск при авариях на взрыво- и пожароопасных объектах

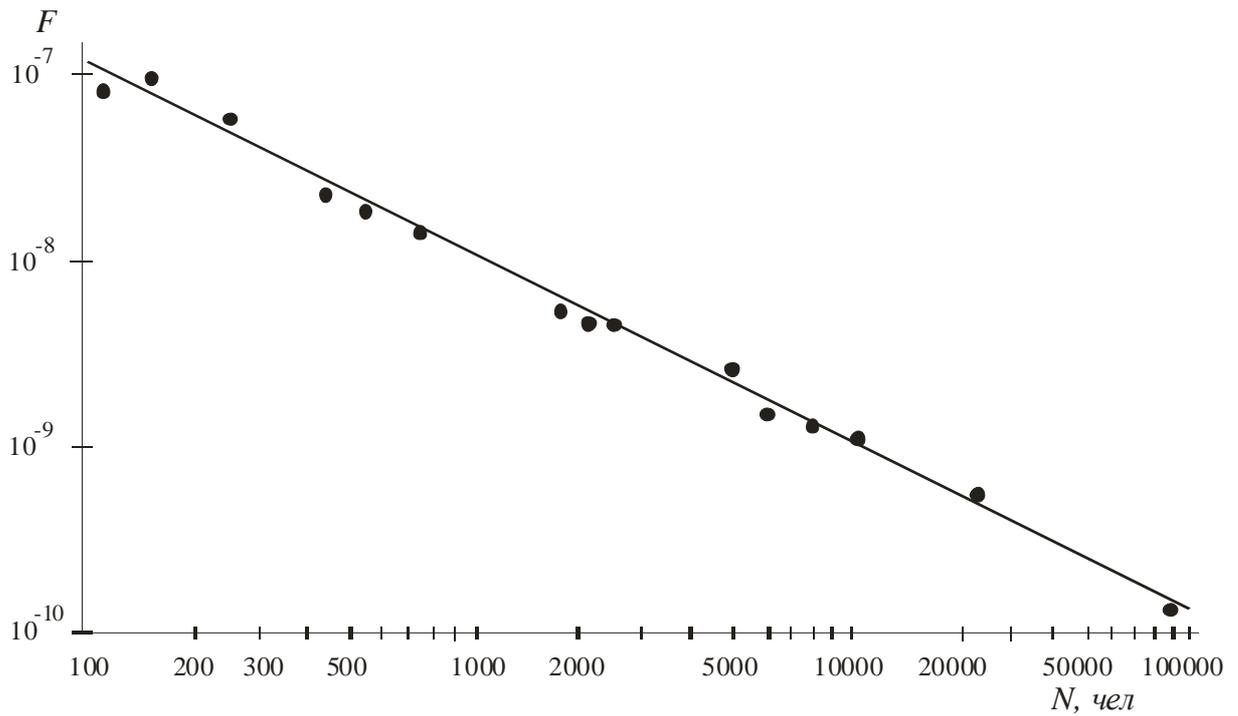


Рисунок 2 - Социальный риск при авариях на химически опасных объектах

## 2.3 ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНЫХ РИСКОВ

При оценке комплексного риска рассматривались техногенные (аварии на пожаро- и взрывоопасных, химических опасных и на радиационных опасных объектах) и природные ЧС (сейсмические события; наводнения; ураганы и сильные ветры; лесные пожары и опасные геологические процессы). В качестве основного показателя риска принята вероятность гибели человека в год от воздействия поражающих факторов в случае чрезвычайных ситуаций. При расчетах комплексного риска делалось допущение о независимости событий поражения людей при ЧС природного и техногенного характера. При определении показателей риска использовался вероятностный подход.

Комплексный риск определялся как отношение числа погибших на количество проживающего населения в рассматриваемом городе или районе. В абсолютных цифрах в городах и промышленных центрах чрезвычайных ситуаций происходит больше, а в относительных (с учетом количества проживающего населения) значение комплексного риска оказывается меньше.

Полученные оценки комплексного риска варьируются от допустимых значений ( $8,0 \times 10^{-6}$ ) в Красноярске и ( $8,63 \times 10^{-6}$ ) в Канске, до весьма высоких, равных ( $1,34 \times 10^{-4}$ ) в Тюхтетском и ( $1,03 \times 10^{-4}$ ) в Березовском и Ачинском ( $1,24 \times 10^{-4}$ ), Шарыповском ( $1,75 \times 10^{-4}$ ) районах.

Карта комплексных рисков представлена на рисунке 5. Учитывая различие численности населения по районам, для сравнительной оценки опасности территорий была выполнена оценка риска на единой базе численности 10000 человек. Из полученных данных следует, что наиболее опасными территориями являются Емельяновский, Березовский, Шарыповский, Рыбинский, Урянский, Боготольский и Енисейский районы.

## 2.4 ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ

Результаты расчетов рисков чрезвычайных ситуаций были отображены на электронных картах с использованием ГИС. Для построения обзорных мелкомасштабных карт Красноярского края использовалась комбинация тематических слоев и слоев топографической основы. Весь картографический материал представлен в формате ArcView share. Карты Красноярского края имеют проекцию Gauss Kruger Pulkovo 1942 Zone 16. Карты построены с использованием ГИС ArcINFO 9.0. Алгоритм построения включал несколько этапов:

- создание геобазы, включающей топографические и тематические слои и табличные данные для отображения;
- подготовка шаблона представления картографического материала;
- отрисовка карты (создание набора слоев в проекте, разработка легенд, подписей с использованием стилей);
- редактирование легенды карты (условных обозначений).

Представленные карты, строились несколькими способами.

1. Использовались готовые тематические слои, разработанные на основе литературных данных (места заторов и зажоров льда на реках), по данным мониторинга (лесные пожары, землетрясения) или статистической обработки атрибутивной информации (плотность населения).

2. На основе информации о метях расположения объектов (сил и средств ТП РСЧС, источников риска и т.д.) создавались точечные тематические слои с привязкой по координатам или к населенным пунктам.

3. Путем организации связей тематический слой – таблица данных визуализировались значения риска, события и другая информация. Затем объекты нового слоя разбивались на классы в соответствии с целями анализа.



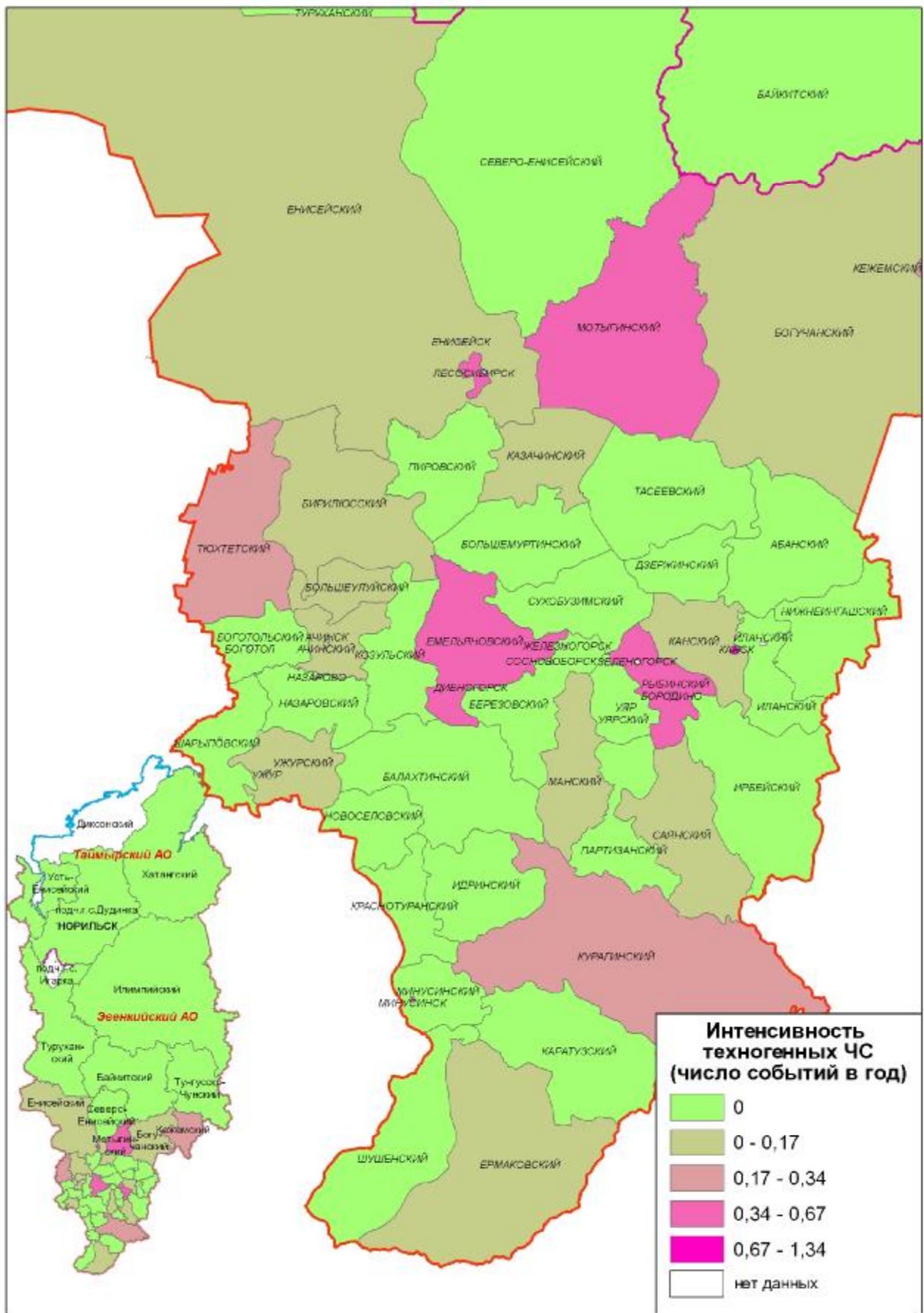


Рисунок 4 – Карта интенсивности техногенных ТС

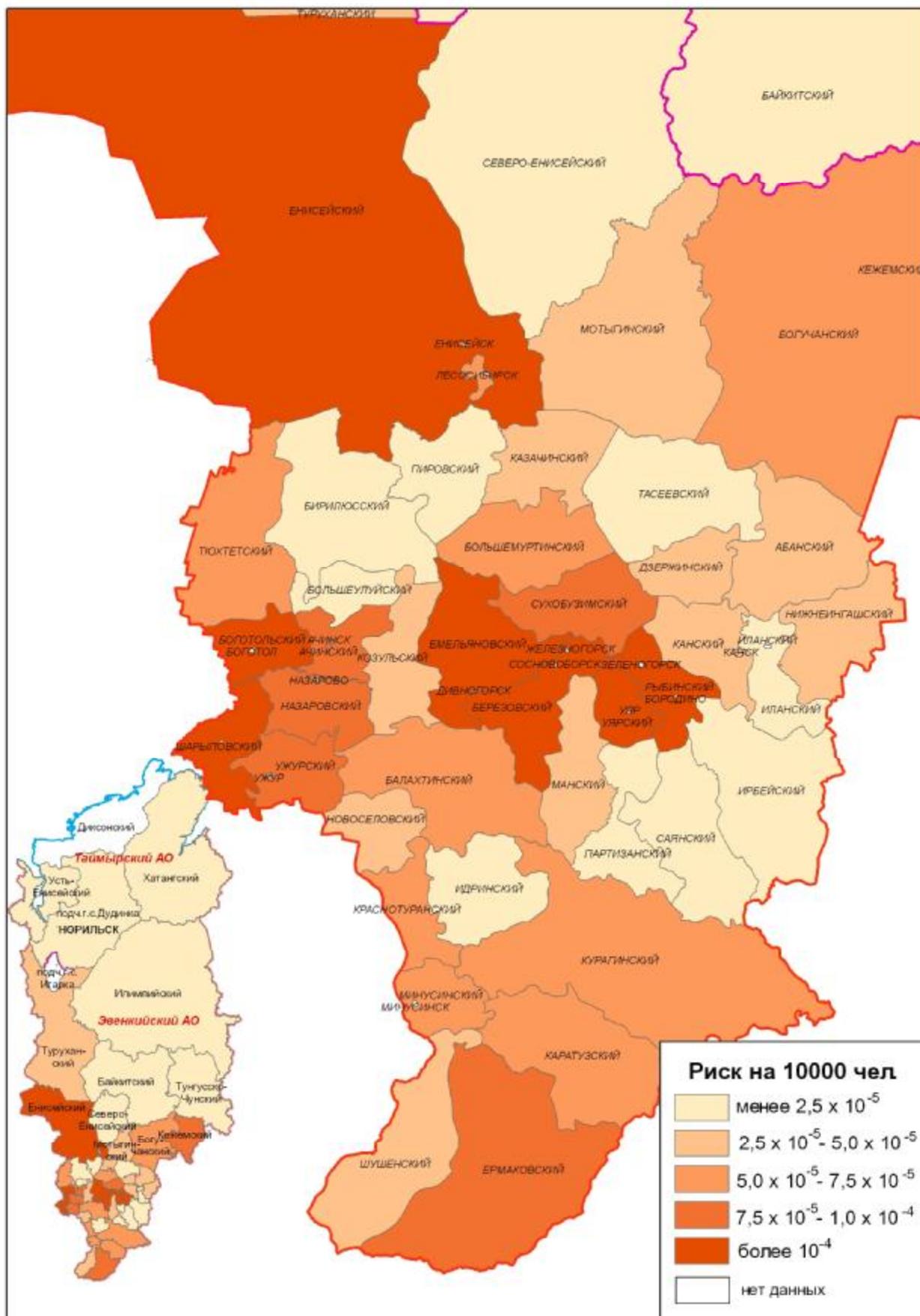


Рисунок 5 - Риск комплексный (нормированный по количеству населения)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках результаты работ по НИР "Оценка техногенного и комплексного рисков территориально-промышленных образований (на примере Красноярского края)». выполнены следующие задачи:

1. Собрана и проанализирована имеющаяся доступная информации о чрезвычайных ситуациях, авариях и инцидентах происходивших на территории Красноярского края за 2001 – 2006 гг;
2. Получены значения индивидуальных коллективных и комплексных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для населения и районов Красноярского края.
3. Построены электронные карты техногенного и комплексного риска Красноярского края.

Представленная информация о возможных чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, позволяет реально оценить степень опасности их для населения, территории и населенных пунктов Красноярского края и разрабатывать мероприятия по снижению уровня опасности и риска.

Полученные результаты указывают на принципиальную возможность решения задачи оценки и районирования рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с построением карт или атласов риска, как для отдельных территорий, так и в целом для Сибирского федерального округа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Махутов Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность: В 2 ч. /Н.А. Махутов. – Новосибирск: Наука, 2005 . – Ч.2: Обоснование ресурса и безопасности. – 610 с.
2. Шахраманьян М.А., Акимов В.А., Козлов К.А. Оценка природной и техногенной безопасности России: теория и практика. – М.: ФИД «Деловой экспресс», 1998. – 218 с.
3. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
4. Безопасность России. Региональные проблемы безопасности. Красноярский край. – М.: МГФ "Знание", 2001. – 576 с.
5. Ежегодные государственные доклады ГОЧС Красноярского края «О состоянии защиты населения и территорий Красноярского края от ЧС природно-техногенного характера», 2000-2005 гг.
6. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. В 4-х частях // Ч.2. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление рисками. – М.:МГФ "Знание", 2006. – 752 с.