

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# **ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КАТАСТРОФЫ**

**Том II**

**ГЕОЛОГИЯ УРАНА,  
ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЛЯЦИОЛОГИЯ**

Москва  
2011

УДК 504.0  
ББК 26.2  
Г35

**Экстремальные природные явления и катастрофы** : в 2 т. / Отв. ред. А.О. Глико;  
ИФЗ РАН. – М. : ИФЗ РАН, 2010; 2011.

ISBN 978-5-91682-012-6

**Г35 Т. 2 : Геология урана, геоэкология, гляциология** / Отв. ред. В.М. Котляков, ИГ РАН;  
отв. сост. А.Л. Собисевич, ИФЗ РАН; – М. : ИФЗ РАН, 2011.

ISBN 978-5-91682-014-0

Во втором томе коллективной монографии изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, связанных с изучением актуальных проблем современной геологии урановых месторождений, геоэкологии и гляциологии, имеющих целью обеспечение безопасности населения и важных промышленных объектов на территории Российской Федерации. Анализируются основные промышленно-генетические типы урановых месторождений; рассмотрены новые прогрессивные технологии добычи радиоактивных материалов; изучено поведение актинидов в условиях долгосрочного хранения и захоронения отработанного ядерного топлива. Полученные научные результаты отражают современные проблемы безопасности атомной энергетики.

Приведены новые научные данные, связанные с изучением эволюции Антарктического и арктических ледниковых покровов, от состояния которых зависит уровень Мирового океана. Достаточно внимания уделено геоэкологическим проблемам Северного Кавказа. Анализируются уникальные данные, полученные при проведении глубокого кернового бурения ледника на Западном плато вулканической постройки Эльбруса.

Изучены наиболее опасные геоэкологические процессы на территории РФ, которые могут привести к гибели людей, ранению и потере здоровья, а также к значительным материальным ущербам; разработан специальный ГИС-проект, который является готовым к использованию продуктом со всеми элементами, присущими автоматизированной информационной системе специального назначения, содержащей развернутые базы данных.

Полученные новые научные результаты и разработанные технологии уже востребованы на практике.

Для специалистов в области наук о Земле, строительства и чрезвычайных ситуаций.

УДК 504.0  
ББК 26.2

The Volume II of the collective monograph presents the results of both theoretical and experimental studies of actual problems of modern geology of uranium deposits, geoecology and glaciology in order to mitigate issues on public safety and potentially hazardous industrial facilities and consequent risks on the territory of Russian Federation. Primary types of industrial uranium ore deposits are analysed, new progressive technologies of prospecting of radioactive materials are considered, the behaviour of actinides in long-time storages and nuclear waste burial sites are studied. The results obtained represent modern safety problems of nuclear power engineering.

New scientific data related to evolution of glaciers in Arctic and Antarctica governing the global level of world ocean are presented. Specific attention is paid to geoecological problems in Northern Caucasus. Genuine data gathered in the course of deep core drilling on the Western plateau of the Elbrus volcano.

Most significant hazardous geoecological processes on the territory of Russian Federation, threatening populated areas in terms of human health and injury, substantial property damage are studied. The specialized geographical information system (GIS) is the database driven product with high level of automation and it has been developed in frames of the actual research initiative.

The new fundamental scientific results obtained and the new technologies developed are of particular interest for practical applications.

The book will satisfy the needs of specialists in Earth sciences, industrial construction applications and hazard assessment.

ISBN 978-5-91682-014-0  
ISBN 978-5-91682-012-6

© Российская академия наук, 2011  
© Коллектив авторов, 2011

*В.И. Осипов<sup>1</sup>, Н.И. Фролова<sup>1</sup>, С.П. Сущев<sup>2</sup>, В.И. Ларионов<sup>2</sup>*

# **ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО И ПРИРОДНОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

<sup>1</sup> Учреждение Российской академии наук Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

## **ВВЕДЕНИЕ**

Природные катастрофы становятся более частыми и разрушительными. Согласно статистике Международного Центра эпидемиологии катастроф ([www.cred.be](http://www.cred.be)) в 2010 году произошло 373 природных катастроф, которые явились причиной гибели более 296 800 человек, пострадало более 207 млн человек, экономический ущерб превысил 109 млрд американских долларов. Только землетрясение ( $M = 7$ ) 12 января 2010 года на Гаити унесло жизни 222 500 человек. Во время землетрясения ( $M = 8,8$ ) 27 февраля 2010 года в Чили погибло 562 человека, экономический ущерб превысил 30 000 млрд американских долларов. По предварительным оценкам на 17 марта 2011 года во время землетрясения ( $M = 8,9$ ) 11 марта 2011 года и вызванного им цунами в Японии погибло 5694 человека, ранено 2409 человек, пропало без вести 9922 человека (<http://www.re liefweb.int>), экономический ущерб превысил 100 млрд американских долларов (<http://www.pri.org>).

Оценка и картирование природных опасностей и риска являются первым шагом в стратегии предотвращения катастроф, нацеленной на спасение человеческих жизней и минимизацию экономических потерь от будущих событий.

Территория Российской Федерации подвержена различным видам природных опасностей. В статье рассматриваются наиболее опасные природные процессы, которые могут привести к гибели людей, ранениям и потере здоровья, а также к значительным материальным ущербам. В первую очередь рассматриваются землетрясения, как один из наиболее опасных природных процессов на территории России, а также наводнения, штормы, оползни, сели и снежные лавины.

Для оценки и картирования сейсмического и природного риска для населения Российской Федерации разработан специальный ГИС проект. Проект явля-

ется готовым к использованию продуктом со всеми элементами, присущими автоматизированной информационной системе специального назначения. Базы данных ГИС содержат информацию, описывающую свойства территории Российской Федерации, информацию о степени опасности и повторяемости рассматриваемых процессов, а также информацию о последствиях этих природных процессов на территории РФ за последние 20 лет. Программные средства ГИС проекта предназначены для вычисления показателей опасности и риска. Интерфейс позволяет формировать тематические карты и текстовые отчеты установленной формы.

В статье приводятся примеры оценки и картирования сейсмического и природного риска для населения Российской Федерации на разных уровнях. Результаты оценки интегрального природного риска для населения РФ являются важной информацией для планирования и выполнения превентивных мероприятий федеральными и региональными подразделениями МЧС России. Оценки природных рисков используются также при разработке проектов градостроительства, разделов проекта «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны» проектов строительства, Деклараций промышленной безопасности и Паспортов безопасности территорий субъектов РФ и муниципальных образований.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО И ПРИРОДНОГО РИСКА**

При проведении расчетов сейсмического и природного риска в большинстве стран мира и в нашей стране придерживаются единой концепции, принятой и описанной в руководствах ООН, а также трудах международных и европейских конференций по инженерной

сейсмологии и сейсмостойкому строительству [Fournier d'Albe, 1982; Fournier d'Albe, 1986; Karnik et al., 1978; Karnik, 1984; Karnik et al., 1988; Mitigating..., 1991; Оценка..., 1997; Proceedings..., 2002; 2003; 2004; 2006; 2008; 2010; Porter et al., 2007]. Согласно этой концепции риск определяются как суперпозиция природной опасности и уязвимости различных элементов риска (люди, инженерные сооружения гражданского и промышленного назначения, линии жизнеобеспечения, другие составляющие инфраструктуры, экономическая и коммерческая деятельность и т. д.).

Эта концепция легла в основу методик для оценки сейсмического и интегрального риска в РФ, разработанных сначала в середине 1990-х годов. Последняя редакция «Методики прогнозирования последствий землетрясений» [Методика..., 2000], разработанная ЦИЭКС совместно с Сейсмологическим центром Института геоэкологии РАН и ВНИИ ГОЧС МЧС России, прошла экспертизу Межведомственного координационного научного совета по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (протокол от 19 сентября 2000 г. № 3(5)) и аттестована Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (протокол от 19 января 2001 г. № 1). Последняя редакция «Методики комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Методика..., 2002], разработанная тем же коллективом, прошла экспертизу Межведомственного координационного научного совета по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (протокол от 25 июня 2002 г. № 2 (13)) и аттестована Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (протокол от 29 октября 2002 г. № 4).

В Руководстве по оценке и картированию природного и техногенного риска на территории стран Европейского Союза (ЕС), подготовленного специальной рабочей группой Европейской Комисси (ЕК) и опубликованного 5 января 2011 г на сайте Совета министров ЕС (<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/10/st17/st17833.en10.pdf>), находит дальнейшее развитие та же концепция.

В последние годы в России в рамках Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года» выполнены исследования по совершенствованию методик оценки и картирования риска, а также подготовлены соответствующие Руководства для проведения работ на локальном, региональном и федеральном уровнях.

В качестве наиболее приемлемых критериев оценки степени опасности для жизни, здоровья и благостояния людей используются оценки индивидуального и коллективного риска.

В разделе кратко излагается процедура оценки индивидуального и коллективного сейсмического риска и интегрального природного риска от 6 природных опасностей: землетрясения, наводнения, штормы, оползни, сели и снежные лавины.

Индивидуальный риск от природных опасностей  $R_{ei}$  определяется в настоящей статье как вероятность смертельного исхода и/или потери здоровья населения и/или вероятность понести людьми материальные убытки за год при стихийном бедствии на рассматриваемой территории.

Индивидуальный сейсмический риск  $R_s$  является суперпозицией сейсмической опасности  $H$  и сейсмической уязвимости  $V_s$ . Уязвимость населения для сейсмической опасности в настоящей статье определяется как отношение между ожидаемым количеством пострадавших, включая погибших, раненых и понесших материальный ущерб, к общему количеству людей, размещенных в однотипных зданиях и/или в зданиях различных типов населенного пункта в целом. Индивидуальный сейсмический риск  $R_s$  [Методика..., 2000; Ларионов и др., 2003; Bonnin et al, 2002; Bonnin et al., 2004; Frolova et al., 2003] может быть рассчитан через математическое ожидание социальных потерь  $M(N)$ , в том числе убитых, раненых и понесших материальный ущерб, с учетом общего количества жителей  $N$  в рассматриваемом населенном пункте и вероятности сейсмического события  $H$

$$R_s = H \cdot V_s (I) = H \cdot M(N) / N, \quad (1)$$

где  $V_s(I)$  – сейсмическая уязвимость населения для рассматриваемого населенного пункта;  $H$  – вероятность сейсмического события в течение года;  $N$  – общее число жителей в рассматриваемом населенном пункте.

Математическое ожидание  $M(N_j)$  числа пострадавших в зданиях определенного  $j$ -го типа по населенному пункту в целом с учетом миграции населения определяется по формуле

$$M(N_j) = \iint_{S_c} \int_0^{24} \int_{I_{\min}}^{I_{\max}} P_{Cj}(I) \cdot f(x, y, I) \cdot \Psi_j(x, y) \cdot f(t) dI dt dx dy, \quad (2)$$

где  $I_{\min}$  и  $I_{\max}$  – максимально и минимально возможные интенсивности сотрясений;  $S_c$  – площадь населенного пункта;  $P_{Cj}(I)$  – вероятность смертельного исхода, ранения и потери имущества при условии повреждения зданий  $j$ -го типа от сейсмического воздействия с интенсивностью  $I$ ;  $f(x, y, I)$  – плотность вероятности случайной величины  $I$  в точке с координатами  $x, y$ ;  $\Psi_j(x, y)$  – плотность населения в зданиях  $j$ -го типа в пределах рассматриваемой площадки;  $f(t)$  – функция, характеризующая размещение людей в зданиях в течение суток, получаемая на основе статистической обработки информации по перемещению людей в течение 24 часов.

Расчет  $P_{Cj}(I)$  проводится по формуле

$$P_{Cj}(I) = \sum_{i=1}^5 P_{Bi}(I) \cdot P(C_j | B_i), \quad (3)$$

где  $P_{Cj}(I)$  – вероятность поражения людей при землетрясении интенсивностью  $I$ ;  $P_{Bi}(I)$  – вероятность

наступления  $i$ -й степени повреждения здания при заданном значении интенсивности землетрясения;  $P(C_j|B_i)$  – вероятность получения людьми  $j$ -й степени поражения при условии, что наступила  $i$ -я степень повреждения здания.

Расчет  $P_{Cj}(I)$  обычно проводится для зданий и сооружений, классифицированных по шкале MMSK-86 [Шебалин и др., 1986]:

- тип А – здания со стенами из местных строительных материалов (глинобитные без каркаса, из самана или сырцового кирпича);
- тип Б – здания с деревянным каркасом с заполнителем из самана или глины и легкими перекрытиями; здания из жженого кирпича или бетонных блоков на цементном растворе; деревянные щитовые дома;
- тип В – рубленные деревянные дома в «лапу» железнобетонные, каркасные, крупнопанельные и армированные крупноблочные дома;
- типы С7, С8, С9 – здания и типовые сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно.

Математическое ожидание социальных потерь населения  $M(N)$  для рассматриваемого населенного пункта в целом с учетом миграции населения во всех типах зданий в течение суток определяется по формуле

$$M(N) = \sum_{j=1}^n \iint_{S_e} \int_0^{24} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} P_{Cj}(I) \cdot f(x, y, I) \cdot \Psi_j(x, y) \cdot f(t) dI dt dx dy, \quad (4)$$

где  $n$  – число рассматриваемых типов зданий в соответствии со шкалой MMSK-86.

Индивидуальный риск от наводнений, штормов, оползней, селей и снежных лавин может быть рассчитан на основе использования статистических данных о последствиях этих процессов на рассматриваемой территории по формуле

$$R_{ei} = H \cdot P, \quad (5)$$

где  $R_{ei}$  – индивидуальный риск при  $i$ -й чрезвычайной ситуации, вызванной природным процессом;  $H$  – частота чрезвычайной ситуации, вызванной природной опасностью, за год;  $P$  – вероятность наступления неблагоприятного события при условии, что случилась чрезвычайная ситуация природного характера. Размерность индивидуального риска имеет вид: 1/год.

Интегральный индивидуальный природный риск  $R_e$  может быть определен [Методика..., 2002; Frolova et al., 2007] с учетом вероятности смертельного исхода и/или потери здоровья населения и/или вероятности понести людьми материальные убытки за год при всех стихийных бедствиях на рассматриваемой территории по формуле

$$R_e = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - R_{ei}), \quad (6)$$

где  $m$  – число рассматриваемых чрезвычайных ситуаций природного характера;  $R_{ei}$  – индивидуальный риск при  $i$ -й чрезвычайной ситуации природного характера.

При определении показателей и картировании индивидуального интегрального природного риска от 6 процессов: землетрясения, наводнения, штормы, оползни, сели и снежные лавины, используется вероятностный подход. Вероятностный подход обусловлен тем, что ситуация, в которой могут оказаться люди во время ЧС природного характера, носит ярко выраженный случайный характер. Невозможно достоверно определить интенсивность поражающего фактора в районе расположения отдельных элементов риска. При воздействии одинаковых поражающих факторов на однотипные элементы риска, будет существовать разная вероятность поражения этих элементов риска.

Для расчета индивидуального интегрального риска делается допущение о независимости событий – поражения людей при чрезвычайных ситуациях природного характера. При этом учитывается вероятность размещения людей в зоне риска и плотность расселения в пределах крупных населенных пунктов (более 500 тыс. чел.).

Коллективный риск от природных опасностей  $R_{ec}$  определяется как ожидаемое число погибших и/или получивших травмы различной тяжести и/или понесших материальные убытки в результате воздействия природных процессов за год

$$R_{ec} = R_e \cdot N, \quad (7)$$

где  $R_e$  – интегральный индивидуальный риск от рассматриваемых природных опасностей,  $N$  – общее число жителей на рассматриваемой территории.

Оценки индивидуальных и коллективных рисков природного характера были выполнены для административных районов Российской Федерации. Оценки сейсмического риска на региональном и локальном уровне были выполнены для отдельных населенных пунктов и кварталов городов.

## СПЕЦИАЛЬНЫЙ ГИС ПРОЕКТ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КАРТИРОВАНИЯ РИСКОВ

Для проведения расчетов и картирования индивидуальных и природных рисков на федеральном уровне был создан специальный ГИС проект, который является готовым к использованию продуктом со всеми элементами, присущими автоматизированной информационной системе специального назначения, и включает: базу данных с информацией, описывающей свойства территории Российской Федерации; программные средства, предназначенные для вычисления показателей опасности и риска; интерфейс, с помо-

щью которого формируется тематическая карта и текстовый отчет установленной формы.

Базы данных содержат информацию, описывающую географическое положение территории, ее структуру, основные ориентиры и форму границ. Этот информационный блок базы данных назван «картографической основой» проекта. Тематическое содержание базы данных представлено пространственной информацией, описывающей границы зон распространения природных опасностей. Специальное содержание базы данных представлено информацией, характеризующей степень опасности природных процессов и их повторяемость, а также описанием событий, связанных с потерями и ущербом в случае реализации событий за период с 1992 по 2008 годы. Все элементы блока имеют географическую привязку или координатное описание границ.

Программные средства представлены тремя блоками, реализующими три набора разнохарактерных функций: отображение пространственной информации на экране в виде тематических карт указанного масштаба; расчет совокупности показателей, являющихся темой отображаемой карты; выполнение функций записи, поддержки целостности, извлечения и модификации данных. СУБД, визуализатор карт и тематическое приложение не исчерпывают всего набора программных средств проекта, в котором важную роль играет интерфейс, обеспечивающий эффективный инструмент взаимодействия пользователя с функциями автоматизированной информационной системы.

В качестве основных источников информации были использованы: цифровые и бумажные географические карты средних масштабов; тематические карты с описанием ареалов распространения различных природных опасностей; статистические выборки с описанием мест и величины ущерба от природной опасности; база данных о распределении населения и характеристике застройки.

Тематические данные о категории опасности наводнений, штормов, оползней, селей и снежных лавин представляют собой векторные цифровые карты с исчерпывающим описанием зон, отличающихся величиной показателей опасных природных процессов, подготовленными лабораторией геологического риска ИГЭ РАН [Осипов и др., 2010].

В качестве основного источника данных об уровне сейсмической опасности использован комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97), созданный в Объединенном институте физики Земли имени О.Ю. Шмидта и опубликованный в масштабе 1:8 000 000 в 1998 году [Комплект..., 1998].

На рис. 1 показан вид окна «Опасности» специализированной ГИС с легендой «Категории сложности природных условий», на рис. 2 – карта интегральной природной опасности для территории Российской Федерации.

Специальные данные в ГИС проекте подготовлены лабораторией сейсмического риска ИГЭ РАН и представляют собой статистические таблицы, в которых

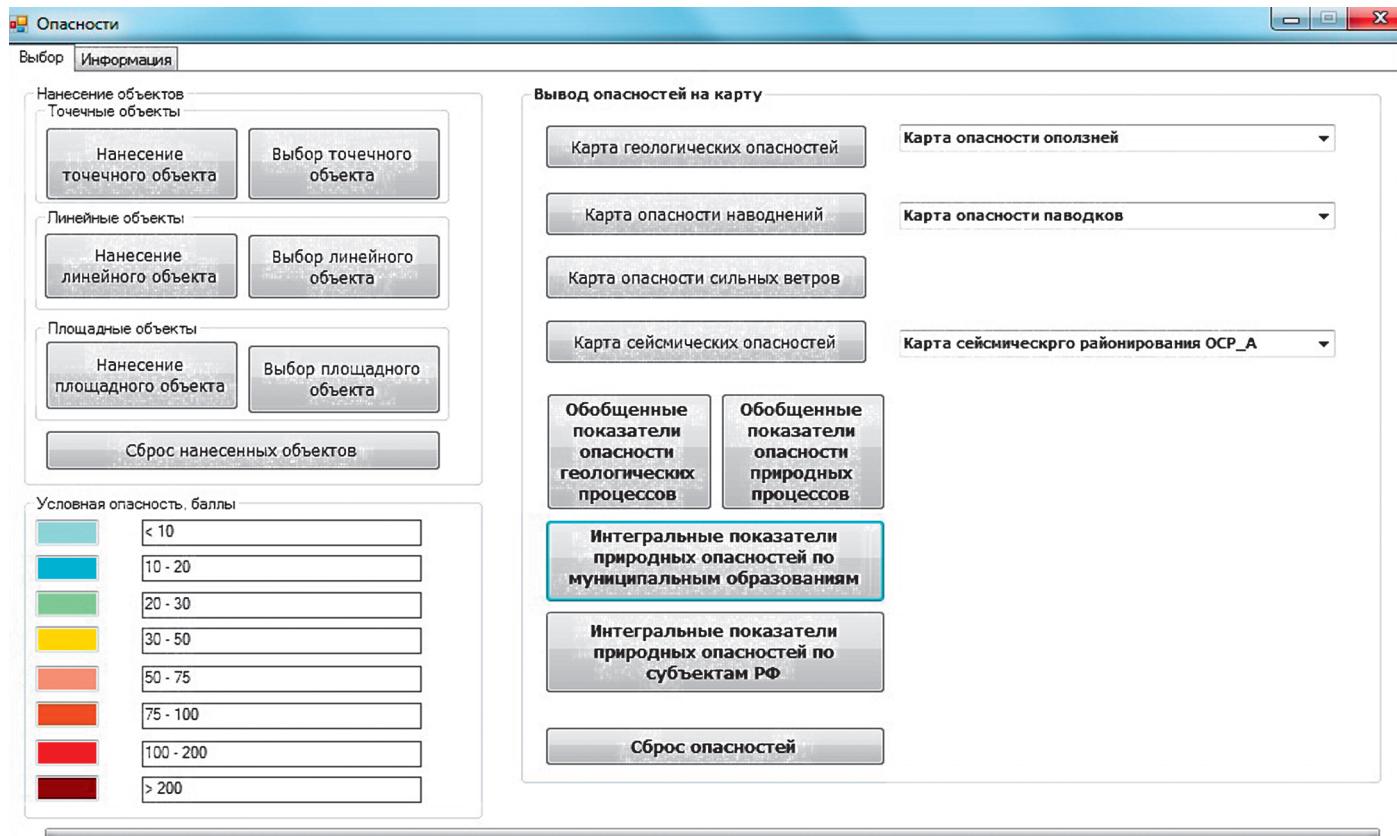
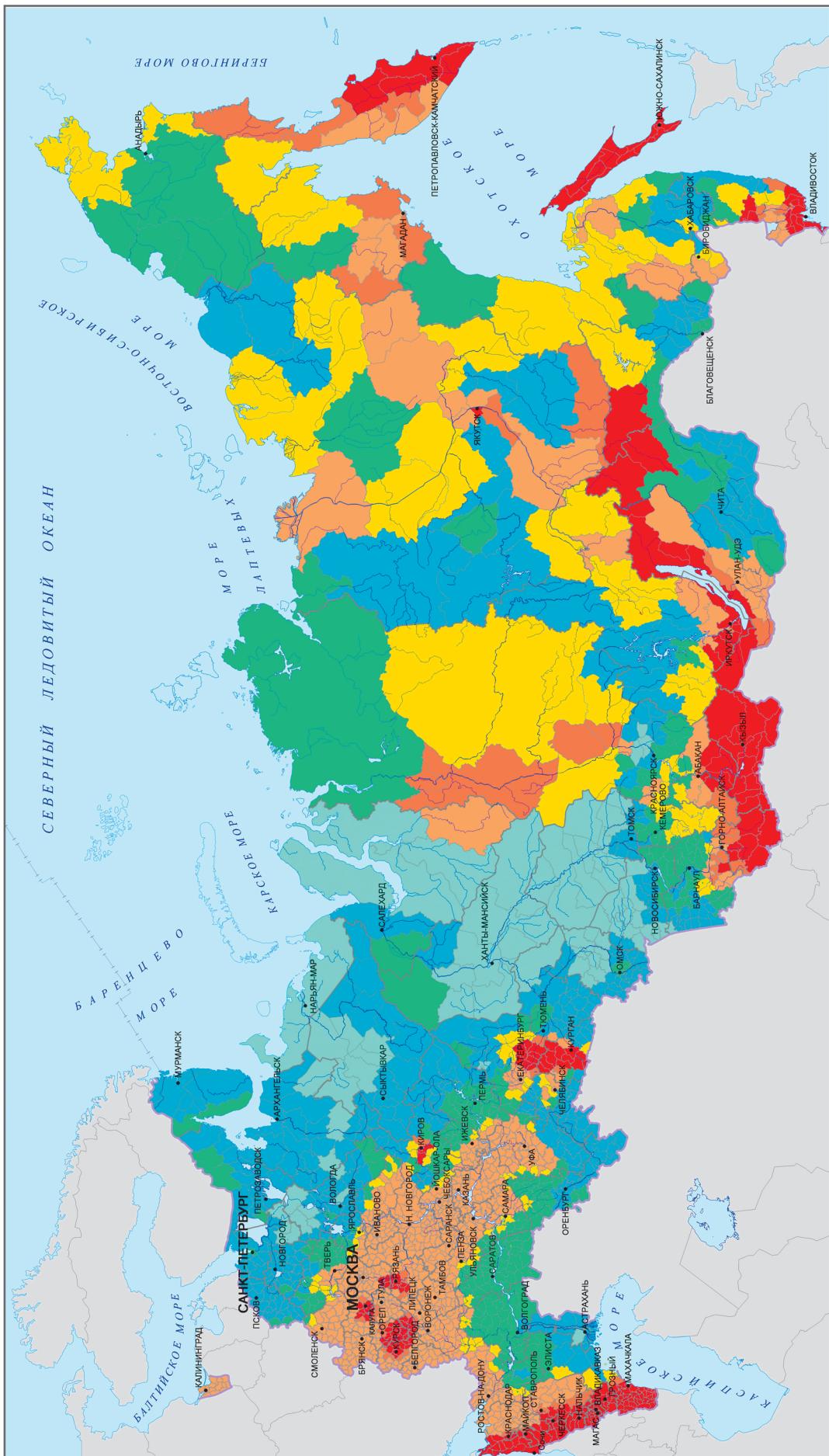


Рис. 1. Вид окна специализированной ГИС для визуализации опасностей



**Рис. 2.** Карта интегральной природной опасности для территории Российской Федерации по административным районам

приводится краткое описание последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных опасными природными процессами за период с 1992 по 2008 год. Эти эмпирические данные могут быть использованы для зонирования территории Российской Федерации по степени риска от природных опасностей.

## ОЦЕНКА И КАРТИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА НА ФЕДЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ

Вышеописанные математические модели были использованы для расчета с помощью специализированного ГИС проекта значений индивидуального и коллективного сейсмического рисков для населения Российской Федерации. Полученные значения рисков для отдельных городов и населенных пунктов осреднялись в пределах административных районов РФ. Для отображения уровней сейсмических рисков в административных районах применялся способ качественного фона построения тематических карт. Цветность шкалы коррелируется с показателями риска.

Способ качественного фона используется для отображения уровня риска на территории. При этом принимается, что любая площадка территории может быть застроена зданиями с сейсмостойкостью, характерной для рядом расположенных населенных пунктов. Карты с подобной визуализацией широко используются при анализе риска на территориях с повышенной опасностью. Опорной сетью риска для отображения гипсослоев служат количественные показатели рисков для существующих населенных пунктов. Удобство такого способа определяется тем, что нет необходимости каждый малый населенный пункт обозначать значком и наносить его на карту, затрудняя чтение основного содержания.

Построены три карты индивидуального сейсмического риска для населения Российской Федерации:  $R_s1$  – смертельный исход в случае сильного земле-

трясения;  $R_s2$  – смертельный исход и травмы различной тяжести в случае сильного землетрясения;  $R_s3$  – смертельный исход, травмы различной тяжести и понесшие материальные убытки в случае сильного землетрясения. Также построены три карты коллективного сейсмического риска:  $R_{sc}1$  – ожидаемое количество погибших за год;  $R_{sc}2$  – ожидаемое количество погибших и раненых за год;  $R_{sc}3$  – ожидаемое количество погибших, раненых и понесших материальный ущерб за год. На рис. 3 показана карта индивидуального сейсмического риска  $R_s2$ .

Полученные значения индивидуального сейсмического риска изменяются от пренебрежимо малых значений – близких к нулю, до весьма высоких – более  $30 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода (карта  $R_s1$ ), более  $100 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода и травм различной тяжести (карта  $R_s2$ ), более  $150 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода, травм различной тяжести и понесших материальные убытки (карта  $R_s3$ ). В табл. 1 приведены размеры площадей зон с разным уровнем риска в соответствии с картами  $R_s1$ ,  $R_s2$  и  $R_s3$ .

На рис. 4 показана карта коллективного сейсмического риска  $R_{sc}2$ : ожидаемое число погибших и раненых от землетрясений.

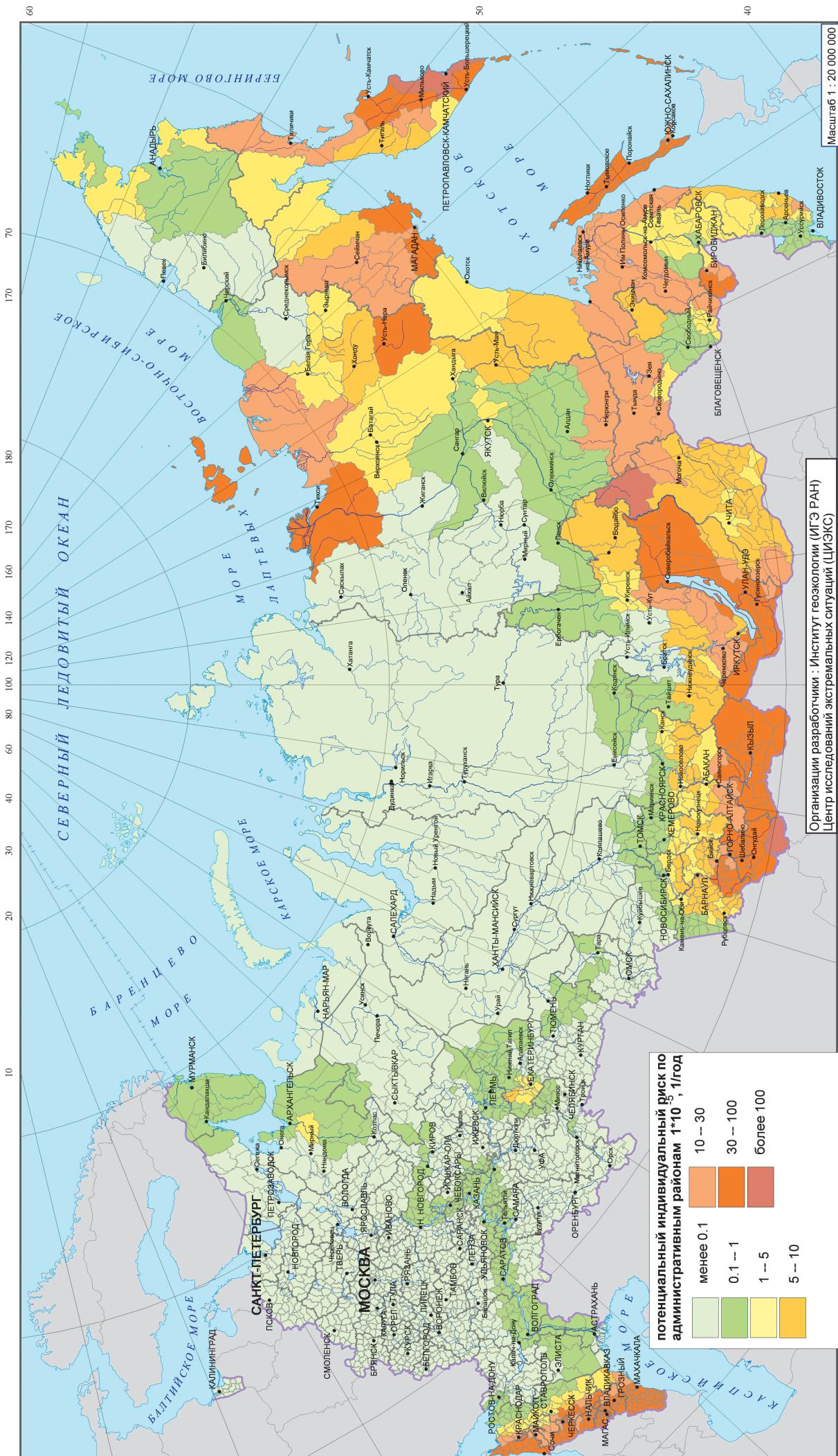
Полученные оценки коллективного сейсмического риска изменяются от пренебрежимо малых значений – менее  $0,1 \cdot 10^{-5}$ , до весьма высоких – более  $1000 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода (карта  $R_{sc}1$ ), более  $5000 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода и травм различной тяжести (карта  $R_{sc}2$ ) и для смертельного исхода, травм различной тяжести и понесших материальные убытки (карта  $R_{sc}3$ ). В табл. 2 приведены размеры площадей зон с разным уровнем коллективного риска в соответствии с картами  $R_{sc}1$ ,  $R_{sc}2$  и  $R_{sc}3$ .

Наибольшие значения индивидуального сейсмического риска  $R_s1$ : смертельный исход в случае сильного землетрясения, получены для Камчатского и Забайкальского краев, Республики Бурятия, Иркутской области, Алтайского края, а также для Краснодарского края и Чеченской Республики (табл. 3).

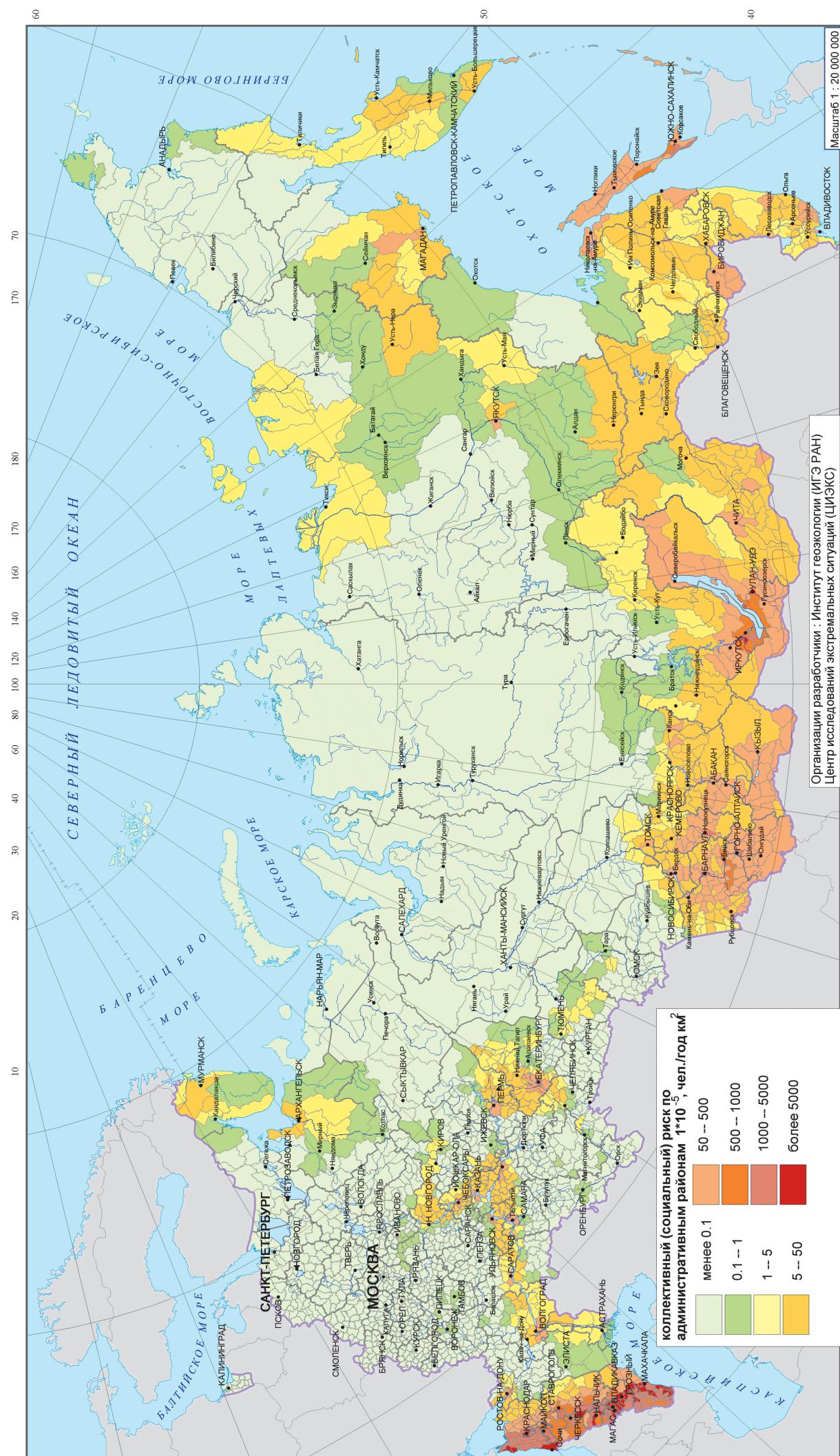
Для таких субъектов, как Сахалинская область, Республики Алтай, Тыва, Дагестан, Северная Осетия

**Таблица 1.** Интервалы изменения значений индивидуального сейсмического риска и размеры площадей зон с разным уровнем риска

Границы интервалов риска, $10^{-5}/\text{год}$	Количественная характеристика риска	Площади зон по карте $R_s1$		Площади зон по карте $R_s2$		Площади зон по карте $R_s3$	
		$10^6 \text{ км}^2$	%	$10^6 \text{ км}^2$	%	$10^6 \text{ км}^2$	%
меньше 0,1	малый	8,8	53	8,1	49	7,6	46
0,1–1,0	умеренный	2,5	15	2,9	17	2,2	13
1,0–5,0	средний	2,4	14	1,5	9	1,9	11
5,0–10,0	высокий	1,2	7	1,4	8	0,9	5
10,0–30,0	весьма высокий	1,2	7	1,5	9	1,8	11
30,0–100,0	недопустимо высокий	0,5	3	1,1	7	1,6	10
100,0–150,0		–	–	0,1	1	0,2	1
больше 150,0		–	–	–	–	0,4	2



**Рис. 3.** Карта индивидуального сейсмического риска  $R_s2$  для населения РФ по административным районам



**Рис. 4.** Карта коллективного сейсмического риска  $R_{sc}^2$  для населения Российской Федерации

**Таблица 2.** Интервалы изменения значений коллективного сейсмического риска и размеры площадей зон с разным уровнем риска

Границы интервалов риска, $10^{-5}$ чел/год·км <sup>2</sup>	Количественная характеристика риска	Площади зон по карте $R_{sc1}$		Площади зон по карте $R_{sc2}$		Площади зон по карте $R_{sc3}$	
		$10^6$ км <sup>2</sup>	%	$10^6$ км <sup>2</sup>	%	$10^6$ км <sup>2</sup>	%
менее 0,1	малый	9,7	58,4	8,9	53,6	8,1	48,8
0,1–1,0	умеренный	2,5	15,1	2,4	14,5	2,8	16,9
1,0–5,0	средний	2,1	12,7	2,0	12,0	1,6	9,6
5,0–50,0	высокий	1,7	10,2	2,2	13,3	2,6	15,7
50,0–500,0	весьма высокий	0,5	3,0	0,9	5,4	1,2	7,2
500,0–1000,0	недопустимо высокий	0,06	0,4	0,08	0,5	0,1	0,6
1000,0–5000,0		0,06	0,4	0,08	0,5	0,1	0,6
более 5000,0		–	–	0,04	0,2	0,1	0,6

**Таблица 3.** Значения индивидуального сейсмического риска  $R_s1$  для отдельных субъектов Российской Федерации

Субъект РФ	Название административного района	Индивидуальный природный риск $R_s1$ , $1 \cdot 10^{-5}$ , 1/год
Алтайский край	Петропавловский район	33,4
	Солонешенский район	43,5
	Усть-Калманский район	31,7
	Чарышский район	30,2
Республика Бурятия	Баргузинский район	43,7
	Иволгинский район	30,4
	Кабанский район	44,3
	Курумканский район	46,1
	Муйский район	47,6
	Окинский район	45,0
	Прибайкальский район	42,7
	Северо-Байкальский район	49,6
	Тункинский район	43,2
Забайкальский край	Каларский район	55,1
Республика Ингушетия	Малгобекский район	34,2
	Назрановский район	31,3
	Сунженский район	34,8
Иркутская область	Ольхонский район	46,7
	Слюдянский район	39,8
	Шелеховский район	31,7
Камчатский край	Елизовский район	60,5
Сахалинская область	Охинский район	48,8
	Ногликский район	41,2
	Александровск-Сахалинский район	41,5
	Смирныховский район	33,3
	Невельский район	39,1
	Углегорский район	38,2
	Тымовский район	42,1
Краснодарский край	Город-курорт Анапа	32,5
	Город-курорт Геленджик	31,6
	Город Новороссийск	31,8
	Туапсинский район	33,3
Чеченская Республика	Ачхой-Мартановский район	36,8
	Веденский район	39,8
	Итум-Калинский район	40,1
	Новолакский и Ножай-Юртовский	38,3
	Урус-Мартановский район	37,7

**Таблица 4.** Значения индивидуального сейсмического риска по карте  $R_s3$  для отдельных субъектов Российской Федерации

Субъект РФ	Название административного района	Индивидуальный природный риск $R_s3$ , $1 \cdot 10^{-5}, 1/\text{год}$
Республика Алтай	Кош-Агачский район	204,8
	Онгудайский район	169,4
	Улаганский район	180,3
	Усть-Коксинский район	153,7
	Шебалинский район	165,9
Алтайский край	Солонешенский район	157,1
Республика Бурятия	Баргузинский район	157,4
	Кабанский район	158,8
	Курумканский район	165,3
	Муйский район	170,4
	Окинский район	162,8
	Прибайкальский район	154,5
	Северо-Байкальский район	176,5
	Тункинский район	156,4
Забайкальский край	Каларский район	194,0
Иркутская область	Ольхонский район	167,2
Камчатский край	Елизовский район	221,0
Сахалинская область	Александровск-Сахалинский район	150,1
	Охинский район	173,4
	Тымовский район	160,5
Республика Тыва (Тува)	Бай-Тайгинский район	172,2
	Барун-Хемчикский район	155,9
	Овюрский район	168,1
	Сут-Хольский район	157,7
	Тандинский район	150,4
	Тес-Хемский район	150,4
	Эрзинский район	154,3

расчетные значения индивидуального сейсмического риска по карте  $R_s1$  превышают  $30 \cdot 10^{-5}, 1/\text{год}$  для всех административных районов.

Наибольшие значения индивидуального сейсмического риска по карте  $R_s3$ : смертельный исход, травмы различной тяжести и понесшие материальные убытки в случае сильного землетрясения, получены для Камчатского и Забайкальского краев, Республики Бурятия, Иркутской области, Алтайского края, а также для Краснодарского края и Чеченской Республики (табл. 4).

с использованием эмпирических данных об уровне и повторяемости этих процессов [Осипов и др., 2010].

Интегральный индивидуальный риск от шести опасностей: землетрясения, наводнения, штормы, оползни, сели и снежные лавины, рассчитывался по формуле (6). Построены три карты индивидуального интегрального природного риска для населения Российской Федерации:  $R_e1$  – смертельный исход в случае реализации упомянутых процессов;  $R_e2$  – смертельный исход и травмы различной тяжести;  $R_e3$  – смертельный исход, травмы различной тяжести и понесшие материальные убытки. На рис. 5 приведена карта  $R_e3$  индивидуального природного риска для населения Российской Федерации: вероятности смертельных исходов, травм различной тяжести и материальных убытков за год в случае ЧС, вызванных землетрясениями, наводнениями, штормами, оползнями, селями и снежными лавинами на рассматриваемой территории.

Полученные оценки индивидуального природного риска от шести видов природных опасностей изменяются от пренебрежимо малых значений – близких к нулю, до весьма высоких – более  $30,0 \cdot 10^{-5}$  для

## ОЦЕНКА И КАРТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО РИСКА НА ФЕДЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ

Индивидуальные риски от отдельных видов опасностей: наводнений, штормов, оползней, селей и снежных лавин, рассчитывались по формуле (5)

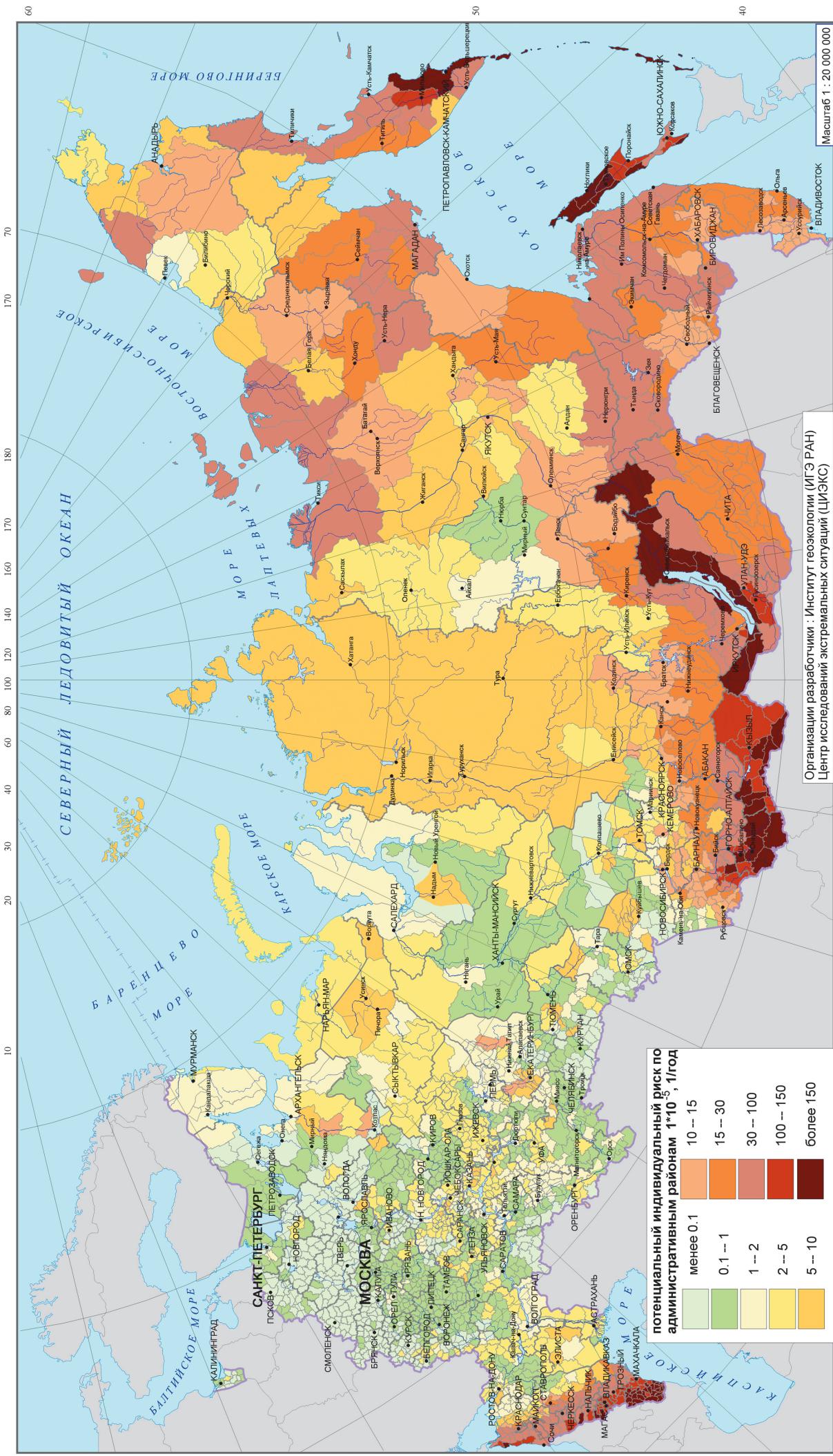


Рис. 5. Карта интегрального индивидуального природного риска  $R_e 3$  для населения Российской Федерации по административным районам

**Таблица 5.** Интервалы изменения значений природного риска и размеры площадей зон с разным уровнем риска

Границы интервалов риска, $10^{-5}$ , 1/год	Количественная характеристика риска	Площади зон по карте $R_e1$		Площади зон по карте $R_e2$		Площади зон по карте $R_e3$	
		$10^6$ км <sup>2</sup>	%	$10^6$ км <sup>2</sup>	%	$10^6$ км <sup>2</sup>	%
менее 0,1	малый	7,9	48	5,7	34	1	6
0,1–1,0	умеренный	3,3	20	5	30	1,9	11
1,0–2,0	средний	0,9	5	0,5	3	1,6	10
2,0–5,0		1,6	10	1,2	7	2,6	16
5,0–10,0	высокий	1,1	7	1,4	8	3,5	21
10,0–15,0	весьма высокий	0,5	3	0,4	2	1,6	10
15,0–30,0		0,7	4	1,1	7	1,6	10
30,0–100,0	недопустимо высокий	0,6	4	1,2	7	2,1	13
100,0–150,0		–	–	0,1	1	0,2	1
более 150,0		–	–	–	–	0,5	3

**Таблица 6.** Численность жителей Российской Федерации в зонах с различным уровнем природного риска

Границы интервалов риска, $10^{-5}, 1/\text{год}$	Численность жителей по карте $R_e1$		Численность жителей по карте $R_e2$		Численность жителей по карте $R_e3$	
	тыс. чел.	%	тыс. чел.	%	тыс. чел.	%
менее 0,1	91,452	61	73,370	49	22,566	15
0,1–1,0	30,114	20	46,440	31	45,957	31
1,0–2,0	5,345	4	1,254	1	18,514	12
2,0–5,0	7,393	5	8,396	6	21,940	15
5,0–10,0	2,580	2	4,844	3	8,496	6
10,0–15,0	3,456	2	737	0	9,776	6
15,0–30,0	5,861	4	5,299	4	7,239	5
30,0–100,0	4,786	3	10,616	7	9,884	7
100,0–150,0	–	–	30	0,02	3,941	3
более 150,0	–	–	–	–	2,194	1

смертельного исхода (карта  $R_e1$ ), более  $100,0 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода и травм различной тяжести (карта  $R_e2$ ), более  $150,0 \cdot 10^{-5}$  для смертельного исхода, травм различной тяжести и понесших материальные убытки (карта  $R_e3$ ). В табл. 5 приведены размеры площадей зон с разным уровнем риска.

В табл. 6 приведена численность жителей Российской Федерации, подверженных разным уровням интегрального природного риска.

Наибольшие значения индивидуального природного риска  $R_e1$ : смертельный исход в случае реализации шести рассматриваемых процессов, как и для случая индивидуального сейсмического риска  $R_s1$ , получены для Камчатского и Забайкальского краев, Республики Бурятия, Иркутской области, Алтайского края, а также для Краснодарского края и Чеченской Республики. Этот факт объясняется тем, что из рассматриваемых шести природных опасностей к гибели людей, как правило, приводят землетрясения и реже другие виды природных опасностей.

Для таких субъектов, как Сахалинская область, Республики Алтай, Тыва, Дагестан, Северная Осетия расчетные значения индивидуального природного риска по карте  $R_e1$  превышают  $30–40 \cdot 10^{-5}$ , 1/год для 70 % административных районов. Наибольшие значения индивидуального природного риска по карте  $R_e3$ : смертельный исход, травмы различной тяжести и понесшие материальные убытки в случае реализации шести природных процессов, получены для Камчатского края, Республики Алтай, Краснодарского и Забайкальского краев, Республики Бурятия и Тыва, Сахалинской области, Алтайского Края и Северной Осетии. На рис. 6 показан фрагмент карты индивидуального интегрального природного риска  $R_e3$  для Северо-Кавказского и Южного федеральных округов, а на рис. 7 – для Сибирского федерального округа. Вклад землетрясений (красный цвет) и других рассматриваемых пяти природных опасностей (синий цвет) показан для центров административных районов.

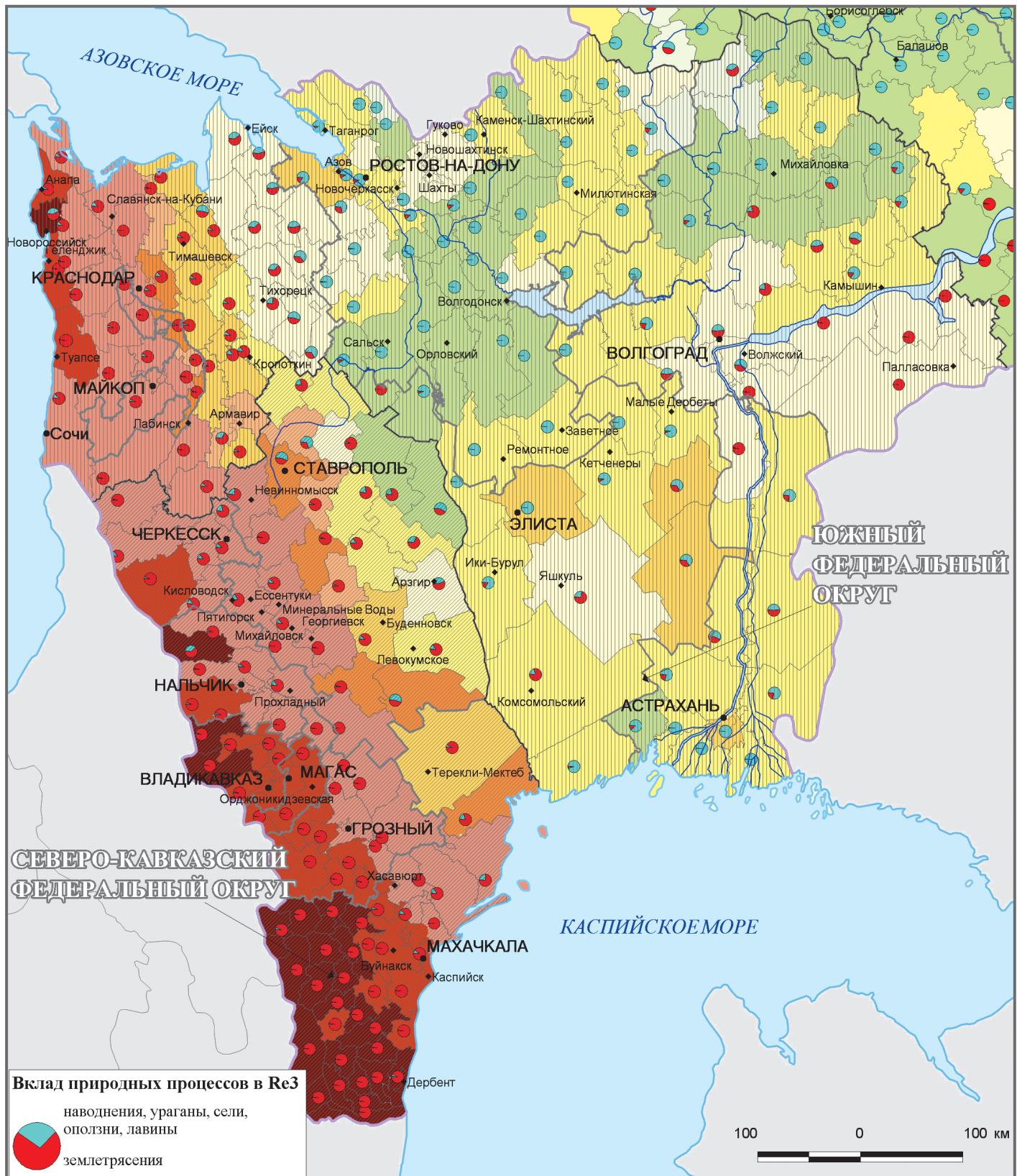
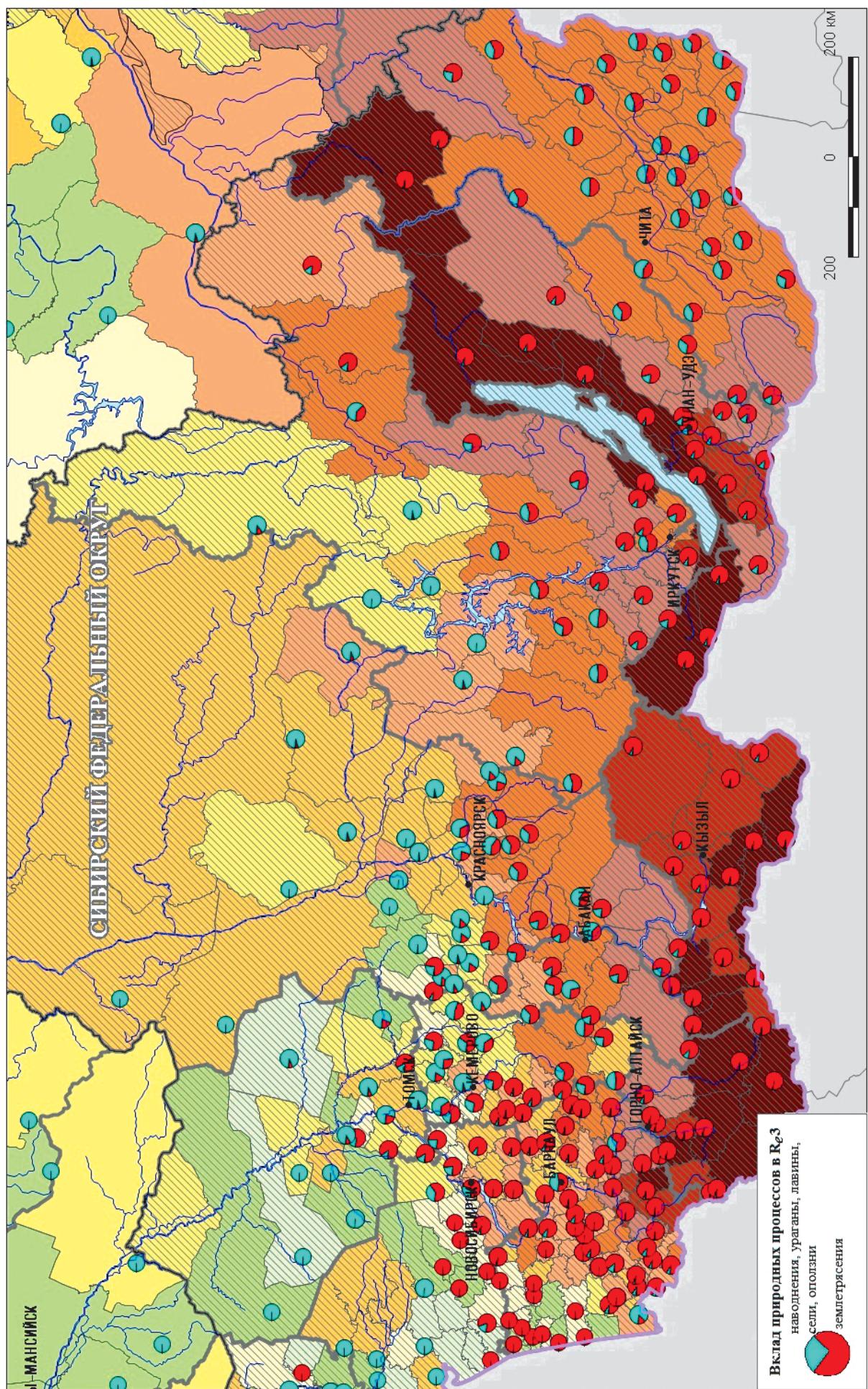


Рис. 6. Фрагмент карты индивидуального интегрального природного риска  $R_{e3}$  для Северного Кавказа



**Рис. 7.** Фрагмент карты индивидуального интегрального природного риска  $R_e3$  для Сибири

## ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ С УЧЕТОМ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ

На общий уровень социальных и экономических потерь от землетрясений сильно влияют вторичные, в том числе техногенные процессы, что было продемонстрировано во время сильных событий в России и за рубежом. Пожары, взрывы, выбросы опасных веществ во время землетрясений могут приводить к потерям, которые во много раз превышают прямой ущерб от землетрясения, вызванный разрушениями и повреждениями зданий.

Во время землетрясения 1906 г. в Сан Франциско 80 % ущерба от землетрясения было связано с пожарами, возникшими после землетрясения. Наиболее яркими и типичными примерами последних лет о вкладе техногенных аварий в общий уровень потерь от землетрясений являются Измитское землетрясение 1999 г. в Турции, Венчuanское 2008 г. в Китае и землетрясений 11 марта 2011 г. в Японии. Эпицентр события в Турции пришелся на районы, где сосредоточена тяжелая промышленность страны, в том числе автомобильное производство, нефтехимическое, производство и ремонт железнодорожного транспорта, металлопрокатное производство, производство синтетических волокон и пряжи, лакокрасочное производство, производство стальных труб и др. Наиболее уязвимыми от сейсмических воздействий во время события в Турции оказались нефтеперерабатывающие заводы и другие производства, связанные с химически-опасными веществами. По оценкам страховых компаний экономический ущерб от землетрясения достиг 3,5 млрд американских долларов. В провинции Сычуань, где произошло Венчuanское землетрясение, сосредоточена значительная часть химической и атомной промышленности страны. Прямой ущерб от землетрясения в этой провинции превысил 1,1 млрд американских долларов. Помимо экономического ущерба, большую озабоченность вызывала потенциальная возможность заражения населения и загрязнения окружающей среды в связи с разрушением промышленных объектов и выбросами опасных материалов. Совместный исследовательский центр (JRC, Ispra, Italy) Европейской Комиссии (<http://ec.europa.eu>) направил в ноябре 2008 года в Китай группу экспертов для изучения последствий зем-

летрясений на промышленных предприятиях. Из 18 обследованных химически опасных объектов, два были разрушены полностью и не подлежали восстановлению; разрушения сопровождались выбросам аммиака, сульфидной кислоты и других опасных материалов; значительные загрязнения рек потребовали дополнительной эвакуации 6 000 жителей [Krausmann *et al.*, 2009]. По предварительным оценкам на 17 марта 2011 года в результате землетрясения и цунами в Японии 11 марта 2011 года число погибших составило 5694 чел., раненых 2409 чел., пропавших без вести 9922 чел. (<http://www.reliefweb.int>), экономический ущерб, в том числе от цунами и аварий на АЭС, превысил 100 млрд американских долларов (<http://www.pri.org>). В России при проведении расчетов сейсмического риска на региональном уровне учитываются возможные последствия аварий на пожаро-взрывоопасных и химически опасных объектах. Оценки риска проводятся в соответствии с вышеописанными процедурами. Для проведения расчетов на региональном уровне уточняются базы данных о распределении населения, типов застройки, размещения промышленных объектов, характеристиках и объемах опасных веществ, включая условия их хранения. Для проведения расчетов и построения карт создаются специализированные ГИС проекты на рассматриваемую территорию.

В разделе приводятся примеры региональных карт сейсмического риска  $R_{st}1$  для Краснодарского и Ставропольского краев с учетом возможных техногенных аварий.

На территории Краснодарского края проживает около 5500 тыс. человек. В крае 83 города с населением более 10 000 жителей, 281 поселков городского типа с населением от 2000 до 10 000 человек и 1647 населенных пунктов сельского типа с числом жителей менее 2000 человек. На территории Краснодарского края возможны землетрясения с интенсивностью проявления от 6 до 10 баллов по шкале MMSK-86. В табл. 7 приведены данные о распределении населения края, проживающего в районах с разным уровнем сейсмической опасности согласно набору карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97-А, В, С [Комплект..., 1998].

Для проведения расчетов и картирования индивидуального сейсмического риска  $R_{st}1$  для населения Краснодарского края были выполнены работы по уточнению базы данных и созданию специализированного ГИС проекта на рассматриваемую территорию. Оценка

**Таблица 7.** Численность населения, проживающего в районах с разным уровнем сейсмической опасности

Карты ОСР-97	Население проживающее в районах с разным уровнем сейсмичности в соответствии с картами ОСР-97-А, В, С, тыс. чел.				
	$I = 6$	$I = 7$	$I = 8$	$I = 9$	$I = 10$
ОСР-97-А (T = 500 лет)	1 230	2300	1980	—	—
ОСР-97-В (T = 1000 лет)	807	1510	2320	900	—
ОСР-97-С (T = 5000 лет)	14	1290	2070	2140	23

риска проводилась для сценариев, при которых воздействие поражающих факторов на людей будет максимальным, т. е. для ночных сценариев бедствия.

Для оценки возможных социальных потерь в больших населенных пунктах город разбивался на элементарные площадки, а их координаты представлялись точкой, расположенной в центре площадки. Затем показатели, полученные для отдельных площадок, суммировались.

Отображение пространственного распределения риска  $R_{st}1$  на карте территории Краснодарского края включает два элемента:  $R_{st}1$  для малых населенных пунктов с численностью жителей менее 1 000 человек;  $R_{st}1$  для крупных городов с численностью жителей более 1 000 человек. Для отображения риска  $R_{st}1$  для всех рассматриваемых элементов использована гипсометрическая шкала. При построении изолиний вычислялись значения  $R_{st}1$  в точках, являющихся геометрическим центром населенных пунктов, и усреднялись в пределах элементарных площадок регулярной сетки со стороной ячейки 5 км. По усредненным значениям  $R_{st}1$  методом билинейной интерполяции были построены изолинии и определен цвет закраски соответствующей зоны.

Для 764 городов Краснодарского края с численностью населения 1 000 чел. и более при отображении значений риска  $R_{st}1$  использован способ значков. Размер значка зависит от числа жителей, а цвет определяет величину риска. На рис. 8 показана карта индивидуального сейсмического риска  $R_{st}1$  с учетом техногенных аварий на пожаро-взрывоопасных и химически опасных объектах для Краснодарского края.

Полученные оценки риска  $R_{st}1$  варьируют от пренебрежимо малых значений, близких к нулю, до весьма высоких, равных  $30,0 \cdot 10^{-5}$  и более. Величина риска  $R_{st}1$  непосредственно связана со значениями прогнозируемой интенсивности поражающего фактора, ожидаемого интервала времени осуществления прогноза, а также уязвимостью элементов риска. В табл. 8 приведены размеры площадей с разным уровнем риска  $R_{st}1$  с учетом аварий на ПВОО и ХОО, вызванных землетрясениями.

Для более 60 % территории Краснодарского края уровень риска  $R_{st}1$  с учетом вторичных техногенных опасностей превышает значение риска, равное  $1,0 \cdot 10^{-5}$ , 1/год. Наибольшие значения риска  $R_{st}1$  с учетом вторичных техногенных процессов характерны

**Таблица 8.** Размеры площадей в кв. км с разным уровнем риска с учетом вторичных техногенных опасностей

Номер интервала	Границы интервала	Размер площади, кв. км
1	менее... $0,5 \cdot 10^{-5}$	19651
2	от $0,5 \cdot 10^{-5}$ до $1,0 \cdot 10^{-5}$	5920
3	от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $5,0 \cdot 10^{-5}$	18334
4	от $5,0 \cdot 10^{-5}$ до $10,0 \cdot 10^{-5}$	1681
5	от $10,0 \cdot 10^{-5}$ до $15,0 \cdot 10^{-5}$	8944
6	от $15,0 \cdot 10^{-5}$ до $20,0 \cdot 10^{-5}$	2110
7	от $20,0 \cdot 10^{-5}$ до $25,0 \cdot 10^{-5}$	12802
8	от $25,0 \cdot 10^{-5}$ до $30,0 \cdot 10^{-5}$	6331
9	более $30,0 \cdot 10^{-5}$	7456

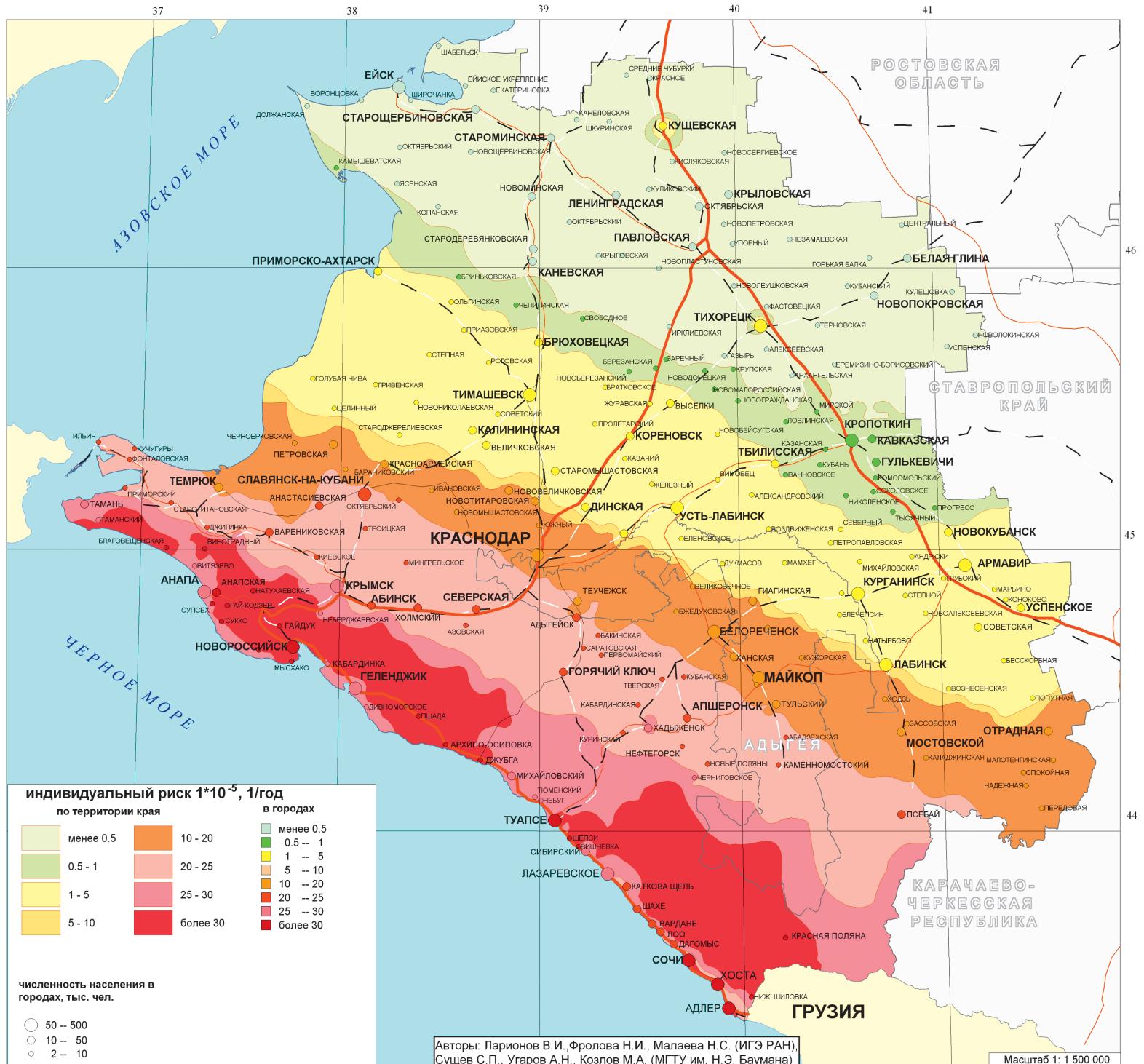
для населенных пунктов Абинского, Анапского, Апшеронского, Крымского, Северного, Туапсинского районов, а также районов Новороссийска, Геленджика и Сочи, где значения риска являются весьма высокими и для отдельных населенных пунктов превышают значения  $30 \cdot 10^{-5}$ . Причиной столь высокого уровня риска в указанных районах является значительная сейсмическая опасность и отсутствие должного усиления существующей застройки, а также наличие ПВОО и ХОО на территории населенных пунктов.

Сравнение средних значений  $R_s1$  для административных районов Краснодарского края (рис. 9), полученных на федеральном уровне, со значениями  $R_{st}1$  (рис. 10) для отдельных городов Краснодарского края, полученных на региональном уровне, позволяет сделать вывод, что учет техногенных аварий повышает уровень риска в среднем на 10–15 %. Наибольший вклад техногенных аварий 20–25 % получен для городов Новороссийск и Туапсе, где вклад техногенного риска (рис. 10 – сиреневый цвет), в основном, связан с площадочными объектами магистрального нефтепровода.

Население Ставропольского края составляет 2705,1 тыс. человек. Плотность населения: 40,8 чел./км<sup>2</sup>. Удельный вес городского населения: 56,5 %. В соответствии с картами общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97-А, В, С [Комплект..., 1998] в Ставропольском крае возможны землетрясения с интенсивностью проявления от 6 до 9 баллов по шкале ММСК-86. В табл. 9 показаны размеры площадей в кв. км зон 6, 7, 8,

**Таблица 9.** Площади зон с разным уровнем сейсмической опасности по картам ОСР-97А, В, С

Карты ОСР-97	Размеры площадей в кв. км зон 6, 7, 8, 9 и 10 баллов по шкале MSK-64 и % по отношению к общей площади края			
	I = 6	I = 7	I = 8	I = 9
ОСР-97-А (T = 500 лет)	31 930 48%	21 160 32%	9 650 15 %	–
ОСР-97-В (T = 1000 лет)	25 680 39 %	23 310 35 %	16 170 24 %	–
ОСР-97-С (T = 5000 лет)	5 100 8 %	30 370 46 %	20 400 31 %	10 260 15 %



**Рис. 8. Карта индивидуального сейсмического риска  $R_{st1}$  для населения Краснодарского края с учетом техногенных аварий**

$R_s 1,10^{-5}/\text{год}$

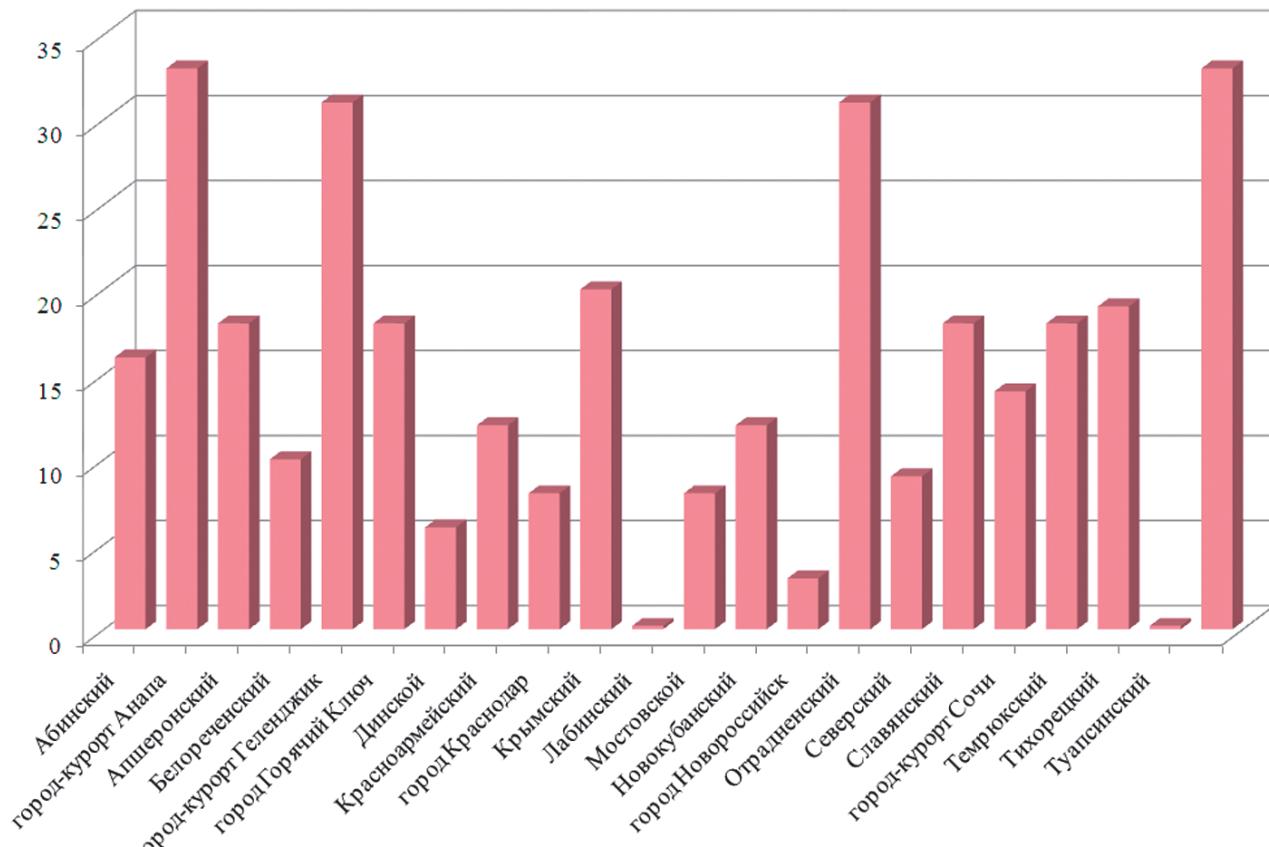


Рис. 9. Диаграмма распределения значений  $R_s1$  для административных районов Краснодарского края

$R_{st} 1,10^{-5}/\text{год}$

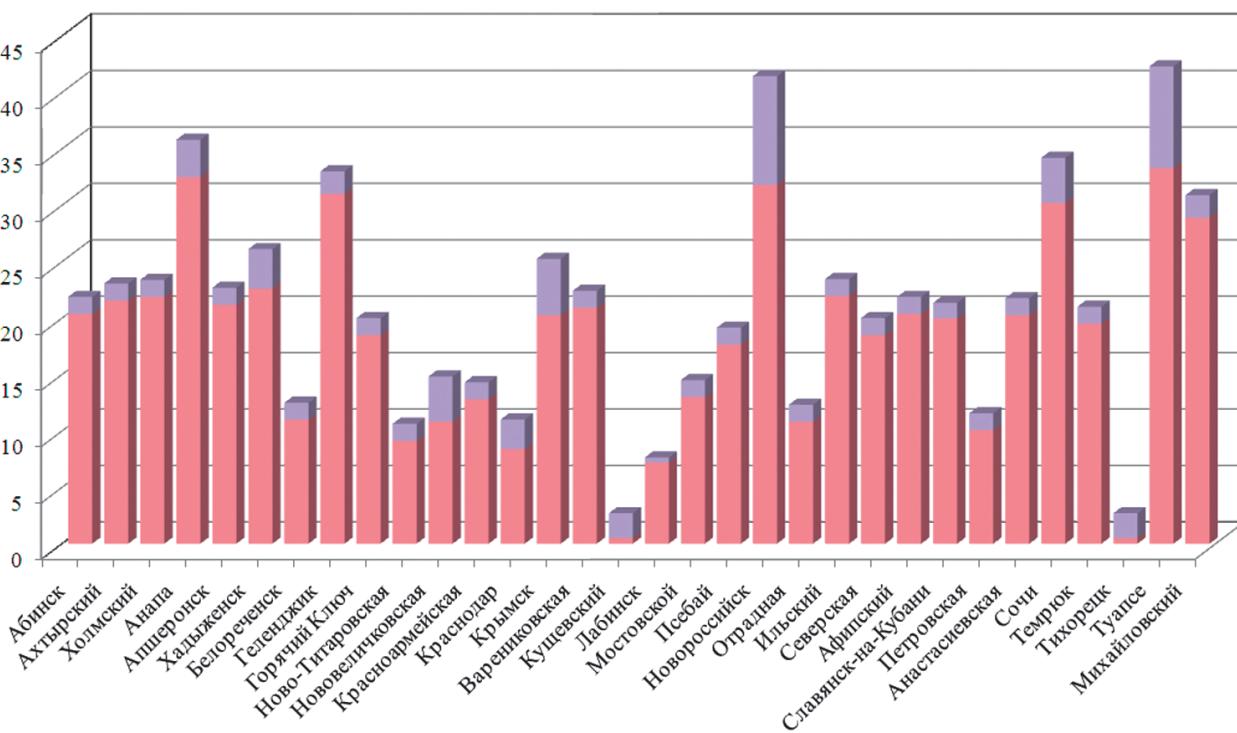


Рис. 10. Диаграмма распределения значений  $R_{st}1$  для населенных пунктов Краснодарского края

**Таблица 10.** Размеры зон Ставропольского края с разным уровнем риска

Номер интервала	Границы интервала	Размер площади в %
1	менее $0,5 \cdot 10^{-5}$	25,7
2	от $0,5 \cdot 10^{-5}$ до $1,0 \cdot 10^{-5}$	10,1
3	от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $5,0 \cdot 10^{-5}$	28,1
4	от $5,0 \cdot 10^{-5}$ до $10,0 \cdot 10^{-5}$	10,7
5	от $10,0 \cdot 10^{-5}$ до $20,0 \cdot 10^{-5}$	6,3
6	от $20,0 \cdot 10^{-5}$ до $30,0 \cdot 10^{-5}$	5,3
7	от $30,0 \cdot 10^{-5}$ до $40,0 \cdot 10^{-5}$	8,5
8	более $40,0 \cdot 10^{-5}$	5,3

9, 10 баллов по шкале MMSK-86 согласно набору карт ОСР-97-А, В, С, характеризующихся разными периодами повторяемости сотрясений: 500 лет, 1000 лет и 5000 лет, и процент площадей этих зон по отношению к общей площади края.

Оценка индивидуального сейсмического риска  $R_{st}1$  для населения Ставропольского края с учетом техногенных аварий проводилась для сценариев, при которых воздействие поражающих факторов на людей будет максимальным, т. е. для ночных сценариев

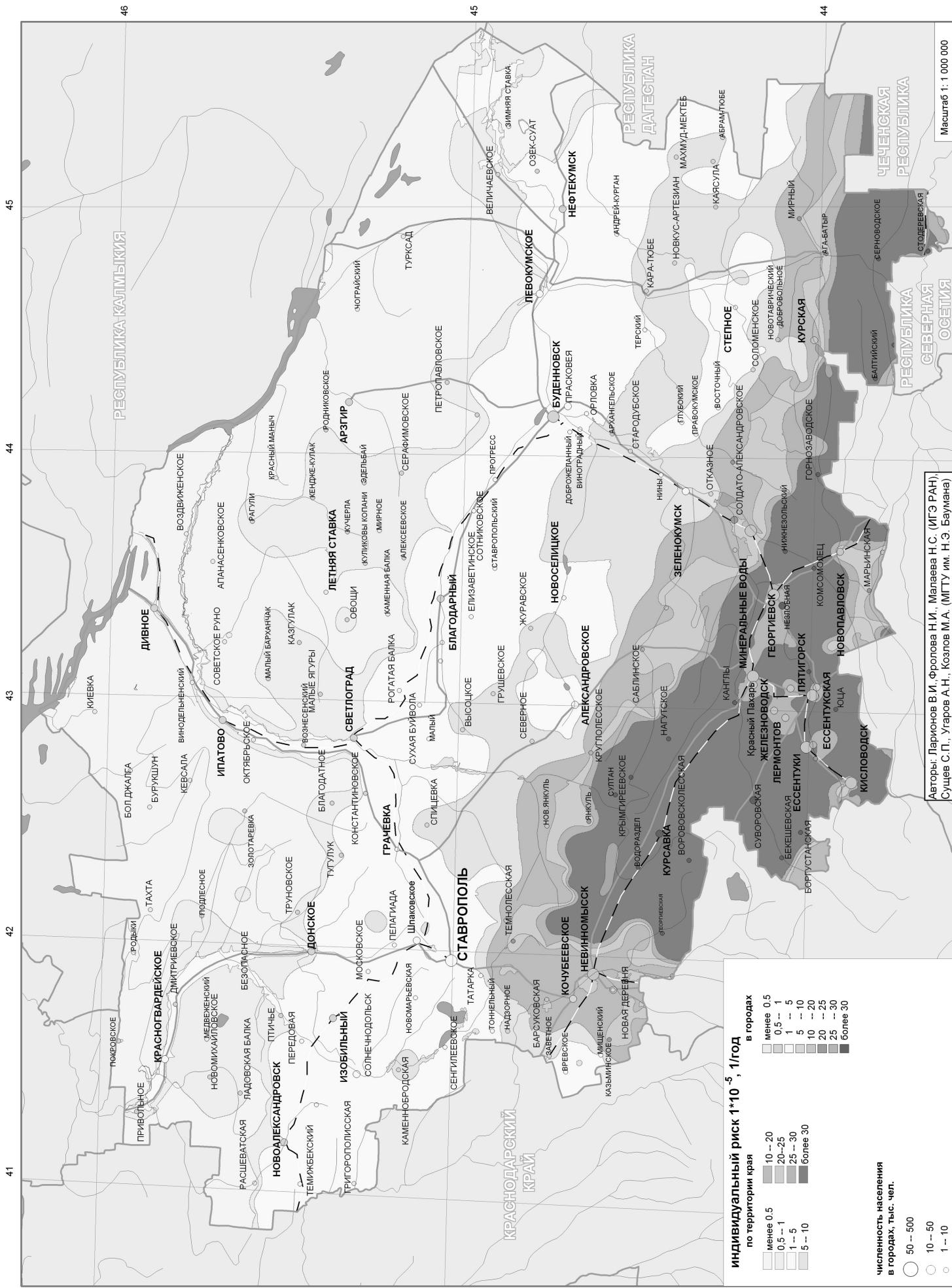
бедствия, в соответствии с аналогичной процедурой для Краснодарского края.

Отображение пространственного распределения риска  $R_{st}1$  на карте территории Ставропольского края также включает два элемента: риск для малых населенных пунктов с численностью жителей менее 1000 человек; риск для крупных городов с численностью жителей более 1000 человек. На рис. 11 показана карта индивидуального сейсмического риска  $R_{st}1$  для Ставропольского края, в табл. 10 приведены размеры площадей с разным уровнем риска  $R_{st}1$  с учетом учетом техногенных аварий, вызванных землетрясениями.

Полученные оценки риска  $R_{st}1$  для Ставропольского края варьируют от пренебрежимо малых значений близких к нулю, до весьма высоких, равных  $40,0 \cdot 10^{-5}$  и более. Для более 60 % территории Ставропольского края риск  $R_{st}1$  превышает значение риска, равное  $1,0 \cdot 10^{-5}$ , 1/год. Величина риска  $R_{st}1$  непосредственно связана со значениями прогнозируемой интенсивности поражающего фактора, ожидаемого интервала времени осуществления прогноза, а также уязвимостью элементов риска, включая потенциально опасные объекты. Вклад техногенного риска для отдельных крупных городов Ставропольского края достигает 20–30 % (табл. 11).

**Таблица 11.** Индивидуальный сейсмический риск  $R_{st}1$  в населенных пунктах Ставропольского края с населением более 10 000 чел.

Название населенного пункта	Население, тыс. чел.	Риск $R_{st}1$ , $10^{-5}, 1/\text{год}$	Риск $R_{st}1$ , $10^{-5}, 1/\text{год}$	Доля техногенного риска, %
Ставрополь	337,5	1,7	2,4	29,2
Невинномысск	131,2	8,6	11,5	25,2
Пятигорск	124,8	17,1	18,4	7,1
Кисловодск	115,9	17,1	17,5	1,7
Ессентуки	88,2	17,1	17,5	1,7
Минеральные Воды	73,3	17,1	17,7	3,4
Георгиевск	64,4	17,1	18,1	5,5
Михайловск	51,5	18,9	19,4	2,6
Шпаковское	48,1	1,7	2,2	22,7
Зеленокумск	39,9	1,7	2,2	22,7
Горячеводский	31,8	17,1	17,6	2,8
Александровское	28,0	1,7	2,2	22,7
Кочубеевское	26,9	8,6	9,1	5,5
Лермонтов	24,9	17,1	17,6	2,8
Иноземцево	24,3	17,1	17,6	2,8
Новопавловск	23,2	17,1	17,6	2,8
Суворовская	20,5	41,7	42,2	1,2
Ессентукская	18,6	29,0	29,5	1,7
Красный Пахарь	16,2	17,1	17,6	2,8
Свободы	15,6	17,1	17,6	2,8
Солдато-Александровское	12,5	20,7	21,2	2,4
Курская	12,0	14,5	15,0	3,3
Незлобная	11,3	31,4	31,9	1,6
Прасковея	11,1	2,9	3,4	14,7
Ивановское	11,1	10,5	11,0	4,5
Курсавка	10,6	33,2	33,7	1,5



**Рис. 11.** Карта индивидуального сейсмического риска  $R_{st}$  с учетом вторичных техногенных процессов для населения Ставропольского края

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны результаты исследований по совершенствованию методических основ оценки и картирования сейсмического и природного риска с применением ГИС технологий. Приводятся примеры построения карт индивидуального и коллективного риска на федеральном и региональном уровнях.

Внедрение карт риска позволит руководству субъектов, специалистам МЧС, строительно-архитектурным ведомствам, страховщикам и другим специалистам принимать обоснованные решения по предупреждению и смягчению последствий при катастрофических природных воздействиях и вызванных ими техногенных аварий.

Учитывая протяженность нефтяных трубопроводных систем, расположенных в районах подверженных сейсмическим и другим природным опасностям, полученные оценки риска используются ОАО «ТРАНСНЕФТЬ» для проведения мониторинга и обеспечения безопасности функционирования систем.

*Работа выполнена в рамках ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года» по теме «Разработка прикладных моделей опасных природных процессов для системы принятия решений в условиях угроз возникновения чрезвычайных ситуаций и разработка карт природных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций».*

## ЛИТЕРАТУРА

Комплект карт ОСР-97-А,Б,С и другие материалы для Строительных норм и правил – СНиП «Строительство в сейсмических районах». М.: ОИФЗ, 1998.

Ларионов В.И., Фролова Н.И. Особенности оценки уязвимости для сейсмических воздействий // Природные опасности России: В 6 т. / Под ред. А.Л. Рагозина. Т. 6: Оценка и управление природными рисками. М.: Изд. фирма «КРУК», 2003а. С. 120–130.

Ларионов В.И., Сущев С.П., Угаров А.Н., Фролова Н.И. Оценка сейсмического риска с применением ГИС-технологий // Природные опасности России В 6 т. Т. 6: Оценка и управление природными рисками. М.: Изд. фирма «КРУК», 2003б. С. 209–231.

Методика прогнозирования последствий землетрясений. М. ВНИИ ГОЧС-ЦИЭКС-СЦ ИГЭ РАН, 2000, 27 с.

Методика комплексной оценки индивидуального риска ЧС природного и техногенного характера. М. ВНИИ ГОЧС-ЦИЭКС-СЦ ИГЭ РАН, 2002. 35 с.

Осипов В.И., Бурова В.Н., Пирченко В.А., Петрасов А.В. База данных природных опасностей – основа изучения закономерностей их развития и прогноза последствий // Экстремальные природные явления и катастрофы, в 2 томах, Том 1: Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. М.: Изд-во «ПРОБЕЛ 2000», 2010. С. 436–445. Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска. Пособие для должностных лиц / ред. Г.А. Соболев. М.: Центр БСТС, 1997. 54 с.

Шебалин Н.В., Ериков И.А., Шестопалов Г.С., и др. Улучшенный вариант шкалы сейсмической интенсивности (ММСК-86) на базе шкал MSK-64 и МCCCC-73 (заключительный). М.: МCCCC, ИФЗ. 1986, 61 с.

Bonnin J., Frolova N., Kozlov M., Larionov V., Sushchev S., Ugarov A. Experience of “Extremum” System Application for Operative Earthquake Loss Assessment // Proc. 28th General ESC Assembly, 2002, Genoa, Italy.

Bonnin J., Frolova N. Near Real-Time Loss Assessment Due To Strong Earthquakes: The State of The Art // Proc. XXIXth General Assembly of European Seismological Commission, 2004, Potsdam, Germany.

Fournier d'Albe, . An Approach to Earthquake Risk Management // Eng. Struct., 1982 Vol. 4. P. 145–152.

Fournier d'Albe, 1986. The Assessment of Seismic Risk // Proceedings of UNDRO/UNESCO/USSR Seminar on Earthquake Prediction and Mitigation of Earthquake Losses, Dushanbe, UNDRO, Geneva.

Frolova N., Kozlov M., Larionov V., Sushchev S., Ugarov A. Extremum System for Earthquake Risk And Loss Assessment // Proc. of SE-40EEE, 2003, Skopje-Ohrid, Macedonia.

Frolova N., Larionov V., Bonnin J. Simulation-based information systems for multi-hazard risk and near real time loss estimations due to strong earthquakes // Proc. of TIEMS Annual Conference, 2007, Trogir, Croatia.

Karnik V., Algermissen S.T. Seismic Zoning: The Assessment and Mitigation of Earthquake Risk, UNESCO, Paris, 1978. P. 11–47.

Karnik Vit, Existing Recommendations and Definitions on Disaster Insurance // The Geneva Papers, 1984. V. 9, N 30. P. 3–7.

Karnik V., Schenkova Z., Seismicity, Hazard, Vulnerability and Risk – a commentary // Proceedings of UNDRO/UNESCO/USSR Training Seminar on Engineering Aspects of Earthquake Risk Mitigation, Dushanbe, UNDRO, Geneva, 1988.

Krausmann E., Cruz A.M., Affeltranger B. Lessons learned from the 12 May 2008 Wenchuan earthquake: Impact on industry // Proc. of EGU General Assembly 2009, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-1247, 2009.

Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options. A Manual for Policy Makers and Planners. UNDRO. New York: UN, 1991. 164 p.

Porter K., Scawthorn Ch. Open-Source Risk Estimation Software, SPA Projects 10006-01-06-01 and 10002-02-06-01, Pasadena CA, USA, 2007.

Proceedings of 12<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, 2002, London, UK.

Proceedings of SE-40EEE, Skopje-Ohrid, 2003, Macedonia.

Proceedings of 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 2004, Vancouver, Canada.

Proceedings of 13<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, 2006, Geneva, Switzerland.

Proceedings of European Seismological Commission General Assembly, 2008, Hersonissos, Greece.

Proceedings of the Second International Workshop on Disaster Casualties, 15–16 June 2009, University of Cambridge, UK.

Proceedings of European Seismological Commission General Assembly, 2010, Montpellier, France.

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю.Г. Гатинский, Д.В. Рундквист, Г.Л. Владова, Т.В. Прохорова</i> СЕЙСМО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЛАВНЕЙШИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ . . . . .	13
<i>В.И. Осипов, Н.И. Фролова, С.П. Сущев, В.И. Ларионов</i> ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО И ПРИРОДНОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ . . . . .	28
<i>В.И. Величкин, Б.П. Власов, М.В. Шумилин</i> ОСНОВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЫВШЕГО СССР И РОССИИ . . . . .	49
<i>С.А. Дмитриев, В.И. Величкин, Б.И. Омельяненко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО УРОВНЕЙ РАДИОАКТИВНОСТИ . . . . .	64
<i>В.И. Величкин, В.И. Мальковский, Н.Н. Тарасов, Ю.П. Диков</i> АНАЛИЗ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ В РАЙОНЕ ОЗЕРА КАРАЧАЙ (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ) . . . . .	77
<i>Б.И. Омельяненко, В.И. Величкин, С.В. Юдинцев</i> ПОВЕДЕНИЕ АКТИНИДОВ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА . . . . .	86
<i>С.В. Юдинцев, Б.И. Омельяненко</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТЕХНЕЦИЯ . . . . .	99
<i>И.Н. Солодов, А.К. Лисицын</i> ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И МЕТАЛЛЫ, ИЗВЛЕКАЕМЫЕ СЕРНОКИСЛОТНЫМ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ . . . . .	109
<i>В.А. Петров, В.В. Полуэктов, Р.М. Насимов, А.А. Бурмистров, С.И. Щукин, Й. Хаммер</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА УРАНОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В ГРАНИТАХ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОЯТ . . . . .	124
<i>В.М. Котляков, Л.Н. Васильев, М.Ю. Москалевский</i> БАЛАНС МАССЫ АНТАРКТИЧЕСКОГО ЛЁДНИКОВОГО ПОКРОВА . . . . .	139

<i>Ю.Я. Мачерет, А.Ф. Глазовский, И.И. Лаврентьев</i> ВОДА В ПОЛИТЕРМИЧЕСКИХ И ТЕПЛЫХ ЛЕДНИКАХ . . . . .	152
<i>В.Н. Михаленко, С.С. Кутузов, О.В. Нагорнов, С.А. Тюфлин, И.И. Лаврентьев, С.А. Марченко, В.И. Окопный</i> СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФИРНОВО-ЛЕДЯНОЙ ТОЛЩИ НА ЗАПАДНОМ ПЛАТО ЭЛЬБРУСА . . . . .	180
<i>Ю.П. Масуренков, А.Л. Собисевич</i> ЭЛЬБРУССКОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ – ИНДИКАТОР ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО И ФЛЮИДНОГО СОСТОЯНИЯ ВУЛКАНА . . . . .	189
<i>А.Н. Хименков, Г.З. Перльштейн, Д.О. Сергеев, А.Н. Власов, В.П. Мерзляков, Ю.В. Халилова</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РИСКА ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ . . . . .	205
<i>Е.В. Коротеева, Е.И. Вейсберг, Н.Б. Куянцева, С.А. Лесина</i> ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНЫХ ПРЕДГОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА . . . . .	213
<i>А.Ю. Кудеярова</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СОРБЦИОННЫХ БАРЬЕРОВ ПРИ ЗАФОСФАЧИВАНИИ КИСЛЫХ ПОЧВ . . . . .	223
<i>И.В. Галицкая, И.А. Позднякова, Л.С. Томс</i> МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОПРИРОДНЫМ ГЕОХИМИЧЕСКИМ РИСКОМ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ . . . . .	239
<i>Л.С. Кучмент, А.Н. Гельфан</i> СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ И ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ МАШТАБОВ И РИСКА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА . . . . .	252
<i>В.В. Адушкин, П.П. Фирстов</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ В АТМОСФЕРЕ . . . . .	264
<i>А.Ю. Озеров</i> МЕХАНИЗМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ФОНТАНИРОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ И ПРИРОДНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ) . . . . .	279
<i>О.В. Руденко, А.Л. Собисевич, Л.Е. Собисевич</i> О ФИЗИКЕ АКУСТИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ И МЕДЛЕННЫХ ВОЛНАХ В ГРАНУЛИРОВАННОЙ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ . . . . .	299
<i>В.Н. Николаевский</i> ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – СОБЫТИЯ И ПРЕДВЕСТИКИ УДАРА . . . . .	316
<i>Б.В. Левин, Г.В. Шевченко, В.М. Кайстренко, Т.Н. Ивельская, Т.К. Пинегина, Н.Г. Разжигаева</i> ПРОБЛЕМА ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АСПЕКТ) . . . . .	332
<i>В.А. Семенов, И.И. Мохов, М. Латиф</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕГИОНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ . . . . .	355

---

<i>Ю.Н. Авсюк, А.Л. Собисевич</i>	
ПРИЛИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ – ЛУНА – СОЛНЦЕ	
И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ . . . . .	373
<i>В.Ч. Хон, И.И. Мохов</i>	
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА К ИЗМЕНЕНИЮ ОРБИТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ	
И КОНЦЕНТРАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ . . . . .	392
<i>В.М. Григорьев, Л.В. Ермакова, А.В. Мордвинов, Ю.А. Наговицын, А.Г. Тлатов,</i>	
<i>В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий, Е.Ю. Наговицына, А.И. Хлыстова, С.А. Язев</i>	
ВОЗНИКНОВЕНИЕ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА СОЛНЦЕ, ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО ГЛОБАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ	
В 11-ЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ И НА ДЛИТЕЛЬНОЙ ШКАЛЕ ВРЕМЕНИ . . . . .	399
<i>С.И. Сороко, В.П. Рожков, Е.Г. Сергеева, С.С. Бекшаев, С.С. Андреева, И.В. Николаев</i>	
ОСОБЕННОСТИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ	
И ГЕМОДИНАМИКИ МОЗГА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ	
В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО СЕВЕРА . . . . .	413

Научное издание

# ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КАТАСТРОФЫ

В 2 томах

Том 2

## ГЕОЛОГИЯ УРАНА, ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЛЯЦИОЛОГИЯ

*Печатается по решению Научного совета Программы  
фундаментальных исследований президиума РАН № 4*

Ответственный составитель д.ф.-м.н. Собисевич Алексей Леонидович

Технический редактор В.И. Горбенко  
Компьютерная верстка К.А. Мордвинцев  
Корректор С.Б. Суслова

Подписано в печать 05.09.11. Формат 60×90/8  
Гарнитура Таймс. Бумага мелованная. Печать офсетная  
Усл. печ. л. 54. Тираж 200 экз.

ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН  
123995 ГСП-5, Д-242, Москва, ул. Б. Грузинская, 10

Отпечатано в типографии издательства «ПРОБЕЛ 2000»  
109544 Москва, ул. Рабочая, 91