

УДК 584.83: 627.7

**ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС**

Стручкова Г.П., Капитонова Т.А.

*Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,
Якутск, e-mail: g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru*

В данной статье проведен анализ существующих методологий картирования природных и техногенных угроз, уязвимостей и рисков. Рассмотрены особенности создания картографической базы геоданных с учетом природно-техногенных чрезвычайных ситуаций, таких как природные пожары, наводнения, землетрясения, опасные метеорологические явления, характерные для территории Республики Саха (Якутия). Определены основные подходы формирования, преобразования и использования картографической базы данных для обеспечения природно-техногенной безопасности региона, разработано и систематизировано содержание картографической информации для решения задач управления в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Предложены оптимальные масштабы для карт опасностей и рисков, направленные на пространственное планирование, разработку способов защиты и мероприятий, смягчающих последствия аварий. В качестве примера приведена база геоинформационных данных, применяемая для задач мониторинга трубопроводов, проложенных в зоне многолетней мерзлоты, для комплексного использования аэро-, фото- и космоснимков и данных наземного обследования для оценки аварийных ситуаций.

Ключевые слова: базы данных, мониторинг, ущерб, наводнение, природные и техногенные ЧС

**CREATION OF GIS DATABASE FOR SOLVING PROBLEMS OF NATURAL
AND MAN-MADE SECURITY OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)
USING GIS TECHNOLOGIES**

Struchkova G.P., Kapitonova T.A.

The Institution of Russian Academy of Sciences the V.P. Larionov's Institute of Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, e-mail: g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru

The article analyzes the existing methodologies for mapping natural and man-made threats, vulnerabilities and risks. The features of mapmaking geodatabase based on natural and man-made emergencies such as wildfires, floods, earthquakes, dangerous meteorological phenomena on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia). The main approaches of formation, transformation and use of cartographic database for natural and man-made security of the region are defined, the content of cartographic information for solving problems of management in case of an emergency are developed and systematized. The optimal scales of maps for hazards and risks aimed at spatial planning, the development of methods of protection and measures mitigating the consequences of accidents. As an example, the base GIS data used for monitoring pipelines in the permafrost zone for integrated use aerial photos and satellite imagery data and ground-based surveys to assess emergency situations.

Keywords: database, monitoring, damage, flood, natural or man-made disaster

Задачи мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС), оценки потенциальных угроз и районирование территории края по уровню риска возникновения ЧС приобретают в последнее время острую жизненную необходимость. При решении задач природно-техногенной безопасности необходимо иметь предварительные оценки распространения ЧС и наносимые ими ущербы, особенно на больших территориях, это возможно только с использованием ГИС-технологий, что требует определения масштабов топографических и тематических карт и схемы картографической базы данных, классификации и определения источников опасности для данного региона.

На территории республики, вследствие производственной деятельности, а также

неблагоприятных климатических условий, возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций различного характера [2, 4]: лесных пожаров; наводнений и паводков; землетрясений; опасных метеорологических явлений; аварий на коммунально-энергетических сетях; пожаров жилых строений; аварий на химически опасных объектах; крупных производственных аварий и пожаров; дорожно-транспортных ЧС.

Цель исследования – определение особенностей создания картографической базы данных для решения задач природно-техногенной безопасности на территории республики.

Материалы и методы исследования

Анализ существующих методологий картирования природных и техногенных угроз, уязвимостей

и рисков. Основываясь на анализе природных и техногенных источников опасности на территории РС(Я), авторы провели исследование картографического материала используемого при оценке природных и техногенных угроз, характерных для территории. Техногенная опасность территории определяется наличием и характеристиками объектов, представляющих потенциальную угрозу, и статистическими данными об авариях. Природная опасность – через статистические данные о проявлениях опасных природных явлений и возможность инициирования ими катастроф и ущерба. На основе изложенного подхода строятся карты опасностей, уязвимости и риска и проводится районирование территории по уровню природного, техногенного и комплексного рисков ЧС.

Результаты исследования и их обсуждение

Масштабы и назначения карт, используемых для оценки и моделирования природно-техногенных угроз на территории, определяются в зависимости от цели и задач исследований. Они являются одним из этапов анализа рисков и создаются на основе базовой карты при картировании угроз, уязвимости на исследуемой территории, развития чрезвычайной ситуации и ее последствий. Существует множество методологий картирования угроз, уязвимостей и рисков, которые используются правительственными службами и частными организациями в Европе и во всем мире. Карпиньяно и др. [7] сделали обзор практики картирования рисков в Европе и определили основные недостатки – большинство подходов ориентированы только на природные угрозы и менее систематично подходят к технологическим и промышленным рискам. Защита от воздействия опасных природных явлений в странах Европы и США строится на принципах пассивной защиты (уход из зон поражения), комбинируемой с экономическими условиями, поощряющими строительство в безопасных зонах и ограничивающими строительство в опасных зонах (запрет на строительство до возведения защитных сооружений, высокие ставки страхования и т.п.), определяемых картами опасностей.

Анализ природных и техногенных источников опасности на территории РС(Я) показал, что наиболее характерными природно-техногенными опасностями являются наводнения, лесные пожары, чрезвычайные ситуации на нефте- и газопроводах.

На основе этого анализа были предложены оптимальные масштабы и детальность для карт угроз и рисков, направленные на пространственное планирование, разработку способов защиты и мероприятий, смягчающих последствия аварий.

Исходной информацией для создания картографической части геоинформационного обеспечения являются: архивные картогра-

фические материалы и архивные материалы аэрокосмических съемок; оперативные данные аэрокосмического зондирования; цифровые модели и карты местности; трехмерные модели объектов земной поверхности; результаты полевых (наземных) наблюдений; картографические материалы, используемые в ходе топографических съемок, трассирования, профилирования трассы трубопроводов.

Картирование наводнений

Ущерб при наводнениях определяются подтоплением социально-экономических объектов и зависят от площади подтопления или затопления. Технология картирования и оценки площадей затопления представляет собой подготовку исходного картографического материала, получение цифровой модели рельефа (ЦМР) и определение возможных зон затопления с использованием функциональных возможностей приложений ArcGIS Spatial Analyst.

В качестве основы для описания топографии прибрежной территории необходимо располагать данными крупномасштабных топографических карт 1:25000 и 1:50000.

В качестве альтернативы для описания рельефа прибрежной территории могут быть использованы цифровые модели рельефа, полученные по данным глобальной топографической съемки – Shuttle radar topographic mission (SRTM). Пространственное разрешение таких данных составляет 30×30 м, высотное разрешение отметок рельефа составляет 1 м, абсолютная погрешность по высоте составляет около 20 м.

Для описания рельефа местности и батиметрии используются лоцманские карты масштабом 1:25000 и 1:50000, на которых представлены также отметки высот и горизонтали рельефа прилегающей пойменной и прирусловой части. Изолинии равных высот проводятся через 5 м, дискретность изобат составляет 2–10 м.

При использовании SRTM необходимо выполнить согласование и уточнение высотных отметок рельефа прибрежной территории на основе ЦМР SRTM и данным лоцманских карт на основе совместных массивов высот рельефа.

Для расчета площадей затопления необходимо использовать информацию о характеристиках наивысших уровней воды, определение которых возможно по данным многолетних наблюдений [5, 6].

Картирование лесных пожаров

Для расчетов ущерба лесному фонду в результате лесных пожаров необходима оценка площади сгоревших лесов. Подобные задачи наиболее эффективно решаются

средствами систем ГИС в сочетании с полевым картированием и использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ).

В качестве базовых используются цифровые карты исходного масштаба 1:200 000. Задача по определению площади очага пожара (гари) решается в два этапа [3]. Первый этап – картирование границ очага пожара – осуществляется во время полевых исследований или с использованием данных аэрокосмоснимков. В полевых условиях картирование гари ведется на рабочей топографической карте масштаба 1:100 000, где отмечаются границы очага и характер бушевавшего в данном месте пожара (верховой или низовой). Границы уточняются по данным измерений. Затем полученные контуры очагов пожаров используются совместно с другими слоями (изолинии рельефа, речная сеть, точки высот местности и т.д.).

Использование данных дистанционного зондирования, главным образом спутниковых снимков высокого разрешения (20–50 м), позволяет точно определить очаги пожаров на значительной территории. Для привязки спутниковых снимков используется модуль и векторные карты местности масштаба 1:200 000.

На втором этапе проводится расчет площадей очагов пожаров с учетом рельефа местности. Для этого на основе изолиний рельефа, точек высот местности и полигонального слоя гарей создаются ЦМР для каждого очага пожара, по которым рассчитываются действительные площади очагов.

Картирование техногенных ЧС

Техногенная опасность территории определяется наличием и характеристиками объектов, представляющих потенциальную угрозу, и статистическими данными об авариях. По данным анализа статистики аварий и ЧС на третьем месте по вкладу в уровень гибели и величине техногенного риска на территории РС(Я) находятся пожары и взрывы на промышленных предприятиях, аварии на нефтегазопроводах, а также обрушения зданий и сооружений.

Трубопроводы, проложенные в сложных геокриологических условиях, испытывают ряд специфических нагрузок, таких как: скачки температурного режима, изменение физико-химических свойств грунта, перепад рабочего давления, взаимодействие с сейсмическими волнами, образование газовых гидратов и отложение парафинов, воздействие внешних нагрузок. Для предотвращения аварий необходимо определить потенциально опасные участки залегания трубопроводов, которые содержат комплексы высокольдистых отложений, подземные стоки, талики, предопределяющие динамичное развитие криолитозоны.

Поражающими факторами рассмотренных аварий являются: ударная волна; тепловое излучение и горячие продукты горения; открытое пламя и горящие газо- и нефтепродукты (газоконденсат); токсичные продукты горения; разливы транспортируемых продуктов, загрязнение почвы, воздуха, водной среды; осколки разрушенного оборудования, трубопроводов и емкостей, обрушение зданий и конструкций.

Для моделирования аварийных ситуаций на нефтегазопроводах, взрывов, пожаров разливов продуктов используются карты: топографические 1:100 тыс. – 1:25 тыс. для определения границы населенных пунктов, объектов растительного покрова, гидрографии, дорог, топопланы местности 1:25 тыс. 1:5 тыс., 1:2 тыс., 1:1 тыс. и 1:500 для построения цифровых моделей рельефа.

Для проведения оценки риска подводного перехода в качестве основы для описания рельефа местности используются следующие масштабные уровни 1:500–1:5 000. В нём выполняется подробное изучение небольших участков рек, составляются русловые планы, планы деформаций русел, планы оценки воздействия деформаций русел на магистральные трубопроводы и гидротехнические сооружения и др.

Для оценки опасности активации и развития экзогенного процесса на трассе магистрального трубопровода используются следующие тематические карты с масштабными уровнями: почвенные 1:100 тыс. – 1:10 тыс. для выделения участков болот и заболоченных земель, подвижных песков, солонцов, солончаков, схематическое инженерно-геологическое районирование по трассе; почвенные 1:5 млн – 1:200 тыс. для оценки категорий грунтов по трассе; климатические 1:5 млн и менее для обоснования глубины заложения трубопровода по условиям промерзания грунтов; гидрологические 1:5 млн – 50 тыс. для выявления условий водоснабжения. Выделение участков распространения карстовых вод; геоморфологические 1:200 тыс. – 1:25 тыс. для выявления участков распространения физико-геологических процессов (карст, оползни, сели и т.д.); топографические, геологические 1:25 тыс. – 1:5 тыс. для мониторинга активации и развития экзогенных процессов; топографические 1:100 тыс. – 1:50 тыс. для определения границ населенных пунктов, объектов растительного покрова, гидрографии, дорог.

В результате моделирования строятся цифровые прогнозно-оценочные модели текущего и прогнозного состояния исследуемых территориальных образований или их картографические аналоги в заданных масштабах (как правило, 1:25 000 – 1:100 000) [7].

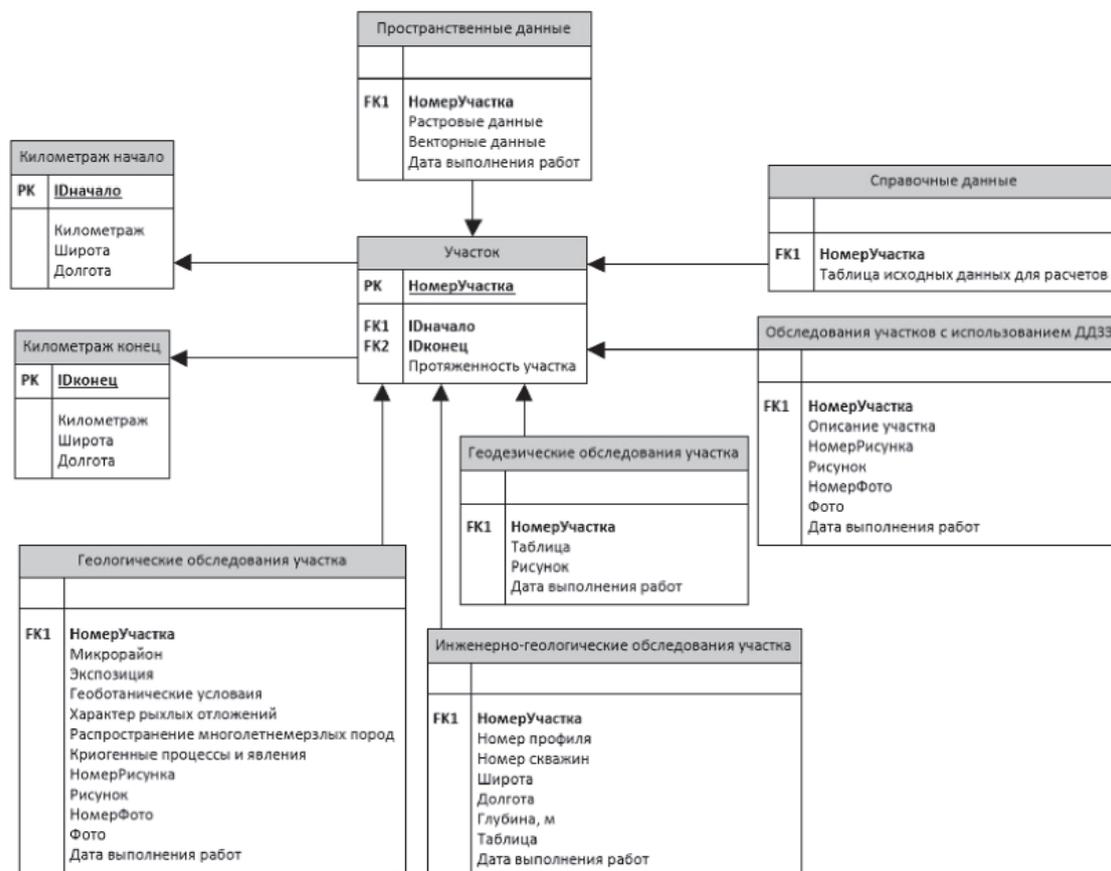


Схема геоинформационной базы данных мониторинга состояния трубопроводов в криолитозоне

В качестве примера приводится база геоданных (БГД) для решения задач мониторинга трубопроводов, проложенных к криолитозоне (рисунок), для комплексного использования аэрофото- и аэровидеосъемки, космоснимков и данных наземного обследования.

База данных структурирована так, чтобы обеспечить информационную поддержку работы функционально различных модулей геоинформационной системы: модуля справочной информации, модуля подготовки и экспорта данных для решения задач по оценке параметров, размеров опасных зон, ранжирования участков трубопровода по степени опасности; и другие задачи по оценке состояния протяженной линейной ПТС.

Информация в БД представлена в виде: числовых данных; массива данных; координатных данных; таблиц; тестовых записей; аудио-, фото-, аэро-, космосъемки; картографических данных. Перечень объектов картографической базы данных (пространственные данные) ГИС содержит следующие разделы: гидрографическая сеть; рельеф местности; населенные пункты;

растительность; дороги. С их помощью удастся построить изображение местности, дающее пространственную привязку элементам трубопроводной системы.

Заключение

Проведение анализа существующих методик формирования и использования картографических баз данных и обоснования видов карт, для разработки и систематизации содержания картографической информации, необходимо для решения задач управления ЧС, выработки превентивных мер по их устранению, ликвидации последствий и повышению эффективности реагирования оперативных служб.

Сокращения

ЧС – чрезвычайные ситуации
 ЦМР – цифровая модель рельефа
 ЦММ – цифровая модель местности
 ДДЗ – данные дистанционного зондирования
 БГД – база геоинформационных данных
 БД – база данных
 SRTM – Shuttle radar topographic mission

Список литературы

1. Аковецкий В.Г., Парамонов А.Г. *Топогеодезическое обеспечение месторождений нефти и газа. Книга 2*, Макс Пресс. – М., 2006. – 403 с.
2. *Безопасность Республики Саха (Якутия): социальные, экономические и техногенные проблемы* // О.И. Слепцов, А.И.Левин, Г.П. Стручкова, Т.И. Семенова; под ред. В.Ю. Фридовский, В.А. Прохоров. – Новосибирск: Наука, 2008. – 296 с., Раздел 4.
3. Денисова И.С. *Картирование и расчет площадей очагов лесных пожаров в Алтайском заповеднике* // Arcreview. – 2003. – Вып. № 3 (26). – http://esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php&ID=2152&SECTION_ID=55.
4. Слепцов О.И., Лыглаев А.В., Капитонова Т.А., Стручкова Г.П. *Исследование техногенных аварий и антропогенных воздействий на экологическую безопасность Республики Саха (Якутия)* // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2007. – № 8470; 4. – С. 88–94.
5. Костин А.В. *Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциально рудно-магматических систем* // Наука и образование. – 2010. – № 1. – С. 63–70.
6. Шевнина Е.В., Соболева В.П. *Использование ГИС-технологий для оценки площадей затопления в районе порта Дудинка* // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2011. – № 3 (89). – С. 43–48.
7. Carignano et al. *Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management*. – Brussels, Commission Staff Working Paper, 2010. – 69 p.

References

1. Akovetskij V.G., Paramonov A.G. *Topogeodezicheskoe obespechenie mestorojdenij nefi i gaza*. [Surveying software for oil and gas deposits]. Book 2. Max Press Kniga 2, Maks Press. Moscow. 2006. 403 p.
2. *Bezopasnost Respubliki Sakha (Yakutia): sotsialnye, ekonomicheskie i tekhnogennye problem*. [Safety of the Republic

of Sakha (Yakutia): the social, economic and technological issues] O.I.Sleptsov, A.I.Levin, G.P.Struchkova, T.I. Semenova; red. V.Y. Fridovskij, V.A. Prokhorov. Novosibirsk: Nauka, 2008. 296 p., razdel 4.

3. Denisova I.S. *Kartirovanie i raschet plotchadej ochagov lesnykh pojarov v Altajskom zapovednike*. Arcreview. Vypusk no. 3 (26), 2003. http://esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php&ID=2152&SECTION_ID=55

4. Sleptsov O.I., Lyglav A.V., Kapitonova T.A., Struchkova G.P. *Issledovanie tekhnogennykh avarij i antropogennykh vozdeystvij na ecologicheskuyu bezopasnost Respubliki Sakha (Yakutia)*. *Problemy besopasnosti i chrezvychajnykh situatsij*, 2007, no. 4, pp. 88–94.

5. Kostin A.V. *Modelirovanie karty tenevogo reliefa Yakutii sredstvami GIS dlya prognozirovaniya potentsialno rudno-magmaticheskikh system*. Nauka i obrazovanie. 2010. no 1. pp. 63–70.

6. Shevnina E.V., Soboleva V.P. *Ispolzovanie GIS-technologij dlya otsenki plotchadej zatoplenia v rajone porta Dudinka*. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2011, no. 3 (89), pp. 43–48.

7. Carignano et al. *Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management*. Brussels, Commission Staff Working Paper, 2010. 69 p.

Рецензенты:

Левин А.И., д.т.н., зав. сектором отдела ритмологии и эргономики северной техники, Якутский научный центр Сибирского отделения РАН, г. Якутск;

Тимофеев А.М., д.т.н., зав. отделом тепломассообменных процессов, Институт физико-технических проблем Севера им. П.В. Ларионова Сибирского отделения РАН, г. Якутск.