

УДК 614.8

## АНАЛИЗ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Стручкова Г.П., Слепцов О.И., Капитонова Т.А., Тимофеева С.М.

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

Рекомендованы масштабы тематических и топографических карт, применяемые для моделирования и оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на магистральных трубопроводах при прокладке через участки со сложными геологическими процессами (болота, реки, места распространения многолетней мерзлоты) по территории Республики Саха (Якутия). В условиях малонаселенности и труднодоступности упреждающие мероприятия предлагается проводить с использованием картографического моделирования и учетом особенностей техногенных и природных источников риска. При проведении анализа учтены специфические нагрузки на линейные технические системы с учетом поражающих факторов характерных для условий криолитозоны. С использованием данных дистанционного зондирования, дешифровки аэрокосмических рекомендованные масштабы карт могут быть использованы для разработки методов защиты и смягчения последствий аварий в случае возникновения природных или техногенных ЧС руководящими органами и службами, занимающимися устранением возникших неблагоприятных последствий.

**Ключевые слова:** моделирование природных и техногенных угроз, геoinформационное обеспечение, геoinформационные технологии, данные дистанционного зондирования

## ANALYSIS OF CARTOGRAPHIC MATERIAL IN VIEW OF FEATURES OF ENSURING THE NATURAL AND MAN-MADE SECURITY IN THE REGION

Struchkova G.P., Sleptsov O.I., Kapitonova T.A., Timofeeva S.M.

*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, kapitonova@iptpn.ysn.ru*

Scale topographic and thematic maps used for the simulation and risk assessment of emergency situations on main pipelines in areas with complex geological processes (swamps, rivers, permafrost spreading places) in the Republic of Sakha (Yakutia) are recommended. Based on sparsely populated and inaccessibility of providing preemptive actions conditions it proposed to conduct an assessment using cartographic modeling and taking into account the characteristics of man-made and natural sources of risk. In the analysis takes into account the specific load on the linear technical systems, considering damaging factors distinctive to permafrost zone conditions. Using remote sensing data, aerial and satellite imagery interpretation, recommended map scales can be used by government and services, dealing with elimination of any adverse effects, to develop methods of protection and mitigation of accidents effects in the event of natural and man-made disasters.

**Keywords:** natural and man-made dangers simulation, GIS software, GIS technologies, remote sensing data

Масштабы и назначение 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 их 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. [5] сделали обзор практики картирования рисков в Европе и определили основные недостатки – большинство подходов ориентированы только на природные угрозы и менее систематич-

но 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. Основываясь на анализе природных и техногенных источников опасности на территории Республики Саха (Якутия), проведено исследование картографического материала используемого при оценке природных и техногенных угроз, характерных для территории: наводнений, лесных

пожаров, чрезвычайных ситуаций на нефтегазопроводах.

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

Решение перечисленных задач требует геоинформационного обеспечения, реализуемого в виде базы данных.

Исходной информацией для создания картографической части геоинформационного обеспечения являются:

- архивные картографические 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. Картирование возможных площадей затопления при различных уровнях является актуальной задачей при планировании превентивных мероприятий в районах предполагаемого 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 (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 данных лоцманских карт на основе совместных массивов высот рельефа.

Возможно использование гибридной карты по данным лоцманской карты 1:25000 и данным ЦМР SRTM. При этом отметки глубин и высот с лоцманских карт переводятся в единую систему высот. Данные по высотам детализируются на основе линий равных высот для построения интерполирующей поверхности средствами геостатистического анализа.

Для расчета площадей затопления необходимо использовать информацию о характеристиках наивысших уровней воды, определение которых возможно по данным многолетних наблюдений [3, 4].

#### **Картирование лесных пожаров**

Для расчетов ущербов лесному фонду в результате лесных пожаров необходима оценка площади сгоревших лесов. Подобные задачи наиболее эффективно решаются средствами геоинформационных систем (ГИС) в сочетании с полевым картированием и использованием данных дистанционного зондирования (ДЗ). Для получения объективной относительно достоверной информации необходимо использовать данные с нескольких спутников. Точность информации зависит от скорости спутника, площади пожара и др., иногда термоточки появляются из-за бликов солнечных лучей от водной поверхности и на облаках. Оперативность информации определяется скоростью движения спутника. Но, чем быстрее он движется, тем больше может быть погрешность при определении координат термоточек. При определении площади сравнительно небольших пожаров даже при условии применения современных надежных методик погрешность может достигать до 10–20 процентов, а на больших площадях – до 1–3 процентов.

В качестве базовой используются цифровые карты исходного масштаба 1:200 000. Задача по определению площади очага пожара (гари) решается в два этапа [2]. 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 величину 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: скачки температурного режима, изменение физико-химических свойств грунта, перепад рабочего давления, взаимодействие с сейсмическими волнами, образование газовых гидратов и отложение парафинов, воздействие внешних нагрузок. Все это обуславливает неравномерную осадку, выталкивание заглубленного трубопровода на поверхность, отклонение от проектного положения, что приводит к возникновению чрезмерных деформаций, являющихся одной из причин аварий. 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 газонефтепродукты (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, соответствующие тематические карты (отметки высот, объекты геодезической сети, дорожная сеть, водные объекты, растительность и др.) (рисунки).

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-геологические 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 границы населенных пунктов, объектов растительного покрова, гидрографии, дорог.

Моделирование рассматриваемых процессов выполняется в три этапа:

1. В ходе первого этапа создается опорная цифровая модель местности исследуемого участка.



*Масштабы топографических и тематических карт, используемых при моделировании аварий на магистральных трубопроводах*

2. В ходе второго этапа осуществляется аналитическое воспроизведение математической модели исследуемого физического процесса.

3. В ходе третьего этапа осуществляется отображение полученных результатов на опорной цифровой модели местности.

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 тыс. – 1:100 тыс. или 1: 25 000 – 1:100 000 [1].

### Заклучение

Рекомендованы масштабы тематических и топографических карт для моделирования и оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на магистральных трубопроводах в случае их прохождения через подводные переходы, зоны лесных пожаров, участки со сложными геологическими процессами. С использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ), дешифровки аэрокосмоснимков рекомендованные карты могут быть использованы для разработки методов защиты и смягчения последствий аварий в случае возникновения природных или техногенных ЧС руководящими органами и службами, занимающимися устранением последствий.

### Список литературы

1. Аковецкий В.Г., Парамонов А.Г. Топогеодезическое обеспечение месторождений нефти и газа. Книга 2. – М.: Макс Пресс, 2006. – 403 с.

2. Денисова И.С. Картирование и расчет площадей очагов лесных пожаров в Алтайском заповеднике // Arc Review. – 2003. – Вып. № 3 (26).

3. Костин А.В. Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциально рудно-магматических систем // Наука и образование. – 2010. – № 1. – С. 63–70.

4. 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.

5. Carignano et al. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management, Brussels // Commission staff working paper. – 2010. – 69 P.

### References

1. Akovetsky V.G., Paramonov A.G. Topogeodezicheskoe obespechenie mestorogdeniy nefi i gaza. Kniga 2. Maks Press. Moskva. 2006. 403 p.

2. Denisova I.S. Kartirivanie i raschet ploshadi ochagov lesnih pozharov v Altaiskom zapovednike // Arc Review. 2003. Vipusk no 3 (26).

3. Kostin A.V. Modelirovanie karti tenevogo rifea Yakutii sredstvami GIS dlya prognozirovaniya potentsialno rudno-magmaticheskikh sistem // Nauka i obrazovanie. 2010. no 1. pp. 63–70.

4. Shevnina E.V., Soboleva V.P., Ispolzovanie GIS-technologii dlya otsenki ploshchaydey zatopeniya v raione porta Dudinka // Problemi Arctiki i Antarktiki. 2011. no. 3 (89). pp. 43–48.

5. 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;

Старостин Е.Г., д.т.н., ведущий научный сотрудник отдела тепломассопереноса, Институт физико-технических проблем Севера им. П.В. Ларионова Сибирского отделения РАН, г. Якутск.