

О.В. СМИРНОВА
**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ**

Смирнова О.В. Геоинформационные технологии для прогнозирования природных катастроф.

Аннотация. В статье рассматриваются методы разработки систем прогнозирования с использованием геоинформационных технологий и инструментов. Обсуждаются обобщенная и типовые задачи, возникающие при прогнозировании природных катастроф на примере землетрясений и цунами.

Ключевые слова: геоинформационное прогнозирование, природная катастрофа.

Smirnova O.V. **Geoinformation technology for prediction of natural disasters.**

Abstract. The article describes how to develop forecasting systems using geographic information technologies and tools. Discusses the generalized and standard problems arising in forecasting of natural disasters on the example of earthquakes and tsunamis.

Keywords: geoinformation prediction, natural disasters.

1. Введение. Геоинформационные технологии могут использоваться на всех этапах прогнозирования природных катастроф — от их предупреждения до немедленного реагирования.

Наличие высокоэффективных систем прогнозирования позволяет своевременно реализовать комплекс мероприятий, направленных на уменьшение риска, сохранение здоровья людей, снижения ущерба от природной стихии. Результаты долговременных прогнозов катастроф могут использоваться при экономическом планировании городских территорий и промышленных комплексов, возведении гидротехнических, газонефтяных, химических сооружений на сейсмоопасных территориях. Мировой опыт показывает, что затраты на создание и развитие систем прогнозирования и обеспечения готовности к природным событиям катастрофического характера позволили бы в 15 раз сократить ущерб [16].

Поиск путей повышения эффективности прогнозирования природных явлений остается актуальной научной проблемой. Ее решение предусматривает постановку и формулировку общей, а также частных (типовых) задач прогнозирования, развитие соответствующих моделей и методов. Несмотря на значительное число работ [12–14, 16, 17], посвященных вопросам прогнозирования природных и техногенных катастроф, многие не только математические, но и постановочные аспек-

ты не нашли должного отражения. Это прежде всего касается вопросов прогнозирования природных и техногенных катастроф на основе применения геоинформационных технологий (ГИС-технологий).

В статье приводятся актуальные постановки задач прогнозирования возможных последствий землетрясений и цунами с учетом ряда новых факторов и с ориентацией на применение ГИС-технологий. Дается анализ возможных подходов к их решению.

2. Обобщенная структура процесса прогнозирования природных катастроф. Целями геоинформационного прогнозирования являются своевременное обнаружение неблагоприятных или катастрофических процессов в природной среде и разработка специальных рекомендаций. Системы прогнозирования должны своевременно не только обнаруживать и предупреждать население о природных катастрофах, но и по возможности предотвращать их, минимизировать ущербы. Факторов, от которых зависит точность прогнозирования природных катастроф, достаточно много, и учесть их всех одновременно практически невозможно. Однако именно неучтенные факторы зачастую приводят к неправильному прогнозу. Наиболее существенны с точки зрения прогнозирования следующие факторы:

- причины возникновения природных катастроф,
- свойства и параметры среды моделирования природных явлений,
- биологические индикаторы их предвестников,
- особенности географического положения и рельефа исследуемой территории.

Геоинформационное прогнозирование природных катастроф может включать в себя четыре основных группы задач:

1) сбор, обработка и анализ первичной информации об источниках природной катастрофы, в результате чего создаются базы данных и знаний, используемые для дальнейшего накопления и обобщения данных о природной катастрофе;

2) динамическое моделирование природных катастроф — на данном этапе предполагается разработка моделей развития природной катастрофы на основе современных численных и математических методов;

3) оперативное геоинформационное прогнозирование природных катастроф с использованием разработанных моделей;

4) оценка рисков, связанных с развитием и распространением природных катастроф и выработка рекомендаций по их предупреждению.

Каждой из выделенных групп задач характерны свои специфические условия, которые необходимо учитывать при их решении.

3. Задачи прогнозирования землетрясений и цунами на основе ГИС-технологий. К таким задачам относится решение вопросов, связанных с долгосрочным и оперативным прогнозированием этих катастроф и их последствий, с моделированием процессов их развития, определением рисков, особенностями применения в интересах этого ГИС-технологий. Рассмотрим ряд из них, отражая основную специфику этих задач и достигнутый уровень их исследования.

Особенностями долгосрочного прогнозирования землетрясений и цунами выступает следующее. В связи с возросшим числом природных катастроф за последнее десятилетие перед учеными всего мира остро встала одна из самых сложных проблем в геоинформатике — проблема долгосрочного прогнозирования землетрясений и цунами, как наиболее опасных из них. Первыми наиболее существенных результатов в прогнозировании землетрясений достигли китайские ученые, основываясь на статистических методах. Они предсказали землетрясение 4 февраля 1975 г. в густонаселенном Ляонине, жертвами которого могли бы стать миллионы человек. Однако последующие более крупные землетрясения, следуя этой методике, предсказать не удалось. Анализируя труды, посвященные этой тематике, можно выделить две основных группы методов долгосрочного прогнозирования:

- 1) статистические методы;
- 2) физические методы, связанные с цикличностью природных явлений.

Статистические методы долгосрочного прогноза землетрясений и цунами основываются исключительно на анализе данных о предыдущих событиях, таких как наличии роев землетрясений, изменение соотношения числа более слабых и более сильных землетрясений, иных подобных характеристиках и не используют физические данные. В качестве статистических методов долгосрочного прогноза применяются методы проверки гипотез и распознавания образов [8–10]. Применение статистических методов для прогноза землетрясений и цунами осложняется малым числом предшествующих событий и недостоверностью собранных о них сведений, поэтому прогнозирование следует проводить с использованием эмпирических и имитационных методов. Кроме того, в большинстве работ не учитывается ряд факторов, связанных с геофизическими, химическими и другими предвестниками землетрясений и цунами.

Все современные методики долгосрочного прогноза на основе физических методов основаны, как правило, на комплексах сейсмологи-

ческих предвестников и различаются лишь их выбором и методами построения критических множеств в пространстве наблюдаемых параметров. Одной из первых в середине 1960-х гг. была предложена гипотеза сейсмического цикла [17], состоящая в том, что разрушительные землетрясения (с магнитудой 7,5 и более) повторяются в сейсмоактивных районах квазипериодически с интервалом 140 ± 60 лет, причем на разных стадиях этого цикла характер сейсмического режима меняется. Российскими учеными был предложен метод фазовых траекторий для решения задач долгосрочного прогноза землетрясений, позволяющий рассчитывать «опасные» временные интервалы ожидаемых сильных событий в соответствующих регионах и оценивать эффективность таких прогнозов [20, 21]. Этот метод основан на изучении связи землетрясений с различными общепланетарными процессами и космическими воздействиями, такими, как земные приливы, солнечная активность, неравномерность вращения Земли, перемещения географических полюсов. В работе [21] выявлена связь совместного влияния 19-летнего лунного прилива и 22-летнего солнечного цикла на возникновение сильных землетрясений. Приведены расчеты для четырех регионов (Камчатки, Курильских островов, Японии и Алеутских островов) и на их основе выделена значимая связь между землетрясениями, произошедшими в XVIII–XXI веках с космическими ритмами.

Необходимо дальнейшее исследование и совершенствование методов статистического и физического анализа закономерностей возникновения землетрясений и цунами. Требуются новые модифицированные методы долгосрочного прогноза и новые способы распознавания аномалий. Это позволит на основе ранее собранной ретроспективной информации заранее определять время, место и ожидаемую силу толчка землетрясения, оценивать вероятные высоты волн и зон затопления в результате цунами. Более полное использование средств визуализации, ГИС-технологий, а также космических средств наблюдения и данных дистанционного зондирования Земли дает возможность повысить точность прогнозов природных катастроф.

Для динамического моделирования цунамегенных колебаний, а также для эффективного и своевременного прогнозирования цунами необходим быстрый и точный сбор сейсмических данных о соответствующем землетрясении (его магнитуде и эпицентре), данных об уровне моря, а также их точная оценка и интерпретация. В большинстве случаев эти данные неполные и поступают в систему с задержкой во времени. Требуется на основе полученных исходных данных оперативно формировать или выбирать готовую динамическую модель рас-

пространения волн цунами в открытом океане и на шельфе, а также моделировать поведение волны в прибрежной зоне и ее накат на берег с учетом рельефа дна океана.

Решение задачи моделирования может предусматривать следующие этапы:

1) определение основной системы дифференциальных уравнений, характеризующих состояния природного явления с соответствующими начальными и граничными условиями;

2) выбор численного или аналитического (если это возможно) метода решения поставленной краевой задачи;

3) выявление основных ограничений разработанной модели и проверка ее на адекватность.

Главными требованиями к разработанной динамической модели природного явления выступают согласованность полученных результатов с реальными данными (соблюдение физических законов и правильное отображение сущности исследуемого явления), а также точность, надежность и скорость выполняемых численных расчетов.

В настоящее время известны несколько моделей, которые позволяют моделировать распространение цунамигенных колебаний. Среди них выделяются следующие.

1. *Американская модель MOST (Method of Splitting Tsunami)*. Разработанная NOAA Center for Tsunami Research [5–7], модель MOST включает в себя набор имитационных моделей, которые позволяют моделировать три процесса:

1) деформацию (генерируются начальные условия, посредством слежения за изменениями дна океана, произошедших в результате сейсмических событий);

2) распространение цунами в открытом океане с использованием основных вычислительных алгоритмов на нелинейных уравнениях мелкой воды;

3) затопление (имитируется поведение цунами в мелководной части океана, моделирование зон затопления прибрежных территорий с применением многосеточных алгоритмов).

При моделировании в модели MOST используется батиметрическая и топографическая информация.

2. *Американская модель COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model)* [3, 4]. Данная модель — это пакет для моделирования цунами, способный имитировать все циклы развития волны от ее генерации до наката на берег. В пакете предусмотрена возможность выбора источника цунами (землетрясение, извержение вулкана, оползень и

т.д.). Модель COMCOT также как и модель MOST использует нелинейные уравнения мелкой воды, а в качестве вычислительного метода — модифицированный метод конечных разностей.

3. *Японская модель TUNAMIN2* [1, 2]. В отличие от рассмотренных моделей здесь распространение цунами в открытом океане моделируется с помощью линейной теории, а накат волны на берег — в соответствии с уравнения мелкой воды для прибрежной зоны и на земле с постоянным размером сетки по всей территории.

Все рассмотренные модели имеют ряд ограничений: численные методы решения, в частности многосеточный алгоритм, используемый во всех перечисленных моделях, дают при решении некоторую ошибку, которая зависит от схемы решения и размера ячейки. Так уменьшение размера ячейки для более точного вычисления амплитуды и формы волны приводит к увеличению времени расчета, а увеличение размеров ячейки может привести к искажению результатов решения.

Таким образом, целесообразна разработка новых моделей, позволяющих учитывать рельеф дна при распространении волн в открытом океане и накате их на берег, включая эффекты захвата, отражения, рассеяния волн. Не до конца исследованы вопросы, связанные с возникновением резонансных явлений на шельфах и в бухтах. Также необходимо совершенствование численных методов для моделирования землетрясений и цунами, а именно:

- генерации и распространения волн над переменным дном,
- наката волн на берег и другие,
- увеличения скорости расчетов за счет распараллеливания процессов вычислений.

4. Определение рисков, связанных с возникновением землетрясений и цунами. Оценка и анализ степени риска при землетрясениях и цунами является неотъемлемой частью задачи геоинформационного прогнозирования. Считается, что риск — это мера для количественного измерения опасности, включающая следующие основные показатели: ущерб от воздействия того или иного опасного фактора, вероятность возникновения рассматриваемого фактора и др. Задача анализа и оценки рисков достаточно нова в науке, поэтому до сих пор остается мало изученной. В основном в настоящее время разработано множество методов для решения частных задач, связанных с экономическими рисками [11, 19]. При оценке же рисков возникновения природных и техногенных катастроф необходимо учитывать кроме экономических, также физические, экологические, медико-биологические и социальные аспекты.

С учетом этого оценку и анализ рисков, связанных с возникновением землетрясений и цунами можно разбить на задачи по видам рисков. Необходимо изменить традиционные взгляды и подходы к оценке и анализу риска возникновения природных катастроф и разработать новые детерминированные и вероятностные модели и методы. Должны учитываться различные индикаторы риска, такие как физические, экономические, социальные, экологические и медико-биологические. Кроме того, необходима разработка специальной системы показателей рисков от природных катастроф и условий их развития. Разработка единой шкалы оценки интенсивности риска позволит прогнозировать суммарный риск и создавать цифровые тематические карты и районировать землетрясения и цунами по степени опасности. Совершенствование технологий сбора данных о природных катастрофах позволит заполнить «пробелы» в знаниях и создать единые глобальные базы данных для более точной оценки рисков на локальных и региональных уровнях, внедрять их в системы раннего предупреждения землетрясений и цунами. Планируя защитные меры против природных катастроф, необходимо максимально ограничить вторичные последствия и путем соответствующей подготовки постараться их полностью исключить.

5. Задачи развития ГИС-технологий в интересах прогнозирования природных катастроф. Применение ГИС-технологий при решении задач прогнозирования природных катастроф предполагает использование эффективных методов визуализации наблюдаемых сейсмических и геофизических данных, результатов их моделирования и прогнозирования. Для решения этой проблемы необходима интеллектуальная поддержка вычислительных процессов, которые варьируются в зависимости от начальных (исходных) условий и от заданной оперативности проведения расчетов. Необходимо развитие интеллектуальных геоинформационных систем, ориентированных на моделирование и прогнозирование природных катастроф [15].

Обычно состояния катастрофических природных явлений изменяются в пространстве с течением времени, и необходимо оперативно отслеживать изменения этих состояний. Средствами ГИС для этих целей на основе результатов дешифрирования космических снимков и других вспомогательных материалов (баз данных и знаний наблюдений за природными явлениями) могут создаваться разновременные карты динамики. На основе двух разновременных снимков могут формироваться специальные «разностные изображения», на которых более контрастно изображаются участки территорий, данные наблюдений которых претерпели изменения с течением времени. Также при исследова-

нии природных катастроф можно использовать анимационные карты динамики и трехмерные изображения.

Другой не менее важной задачей является формирование цифровых моделей явлений. Они позволяют отображать природные явления как целостные иерархические структуры с учетом внутренних и внешних связей и отношений с другими системами, а также особенности функционирования и развития этих природных явлений.

Необходимы разработка и усовершенствование методов районирования по степени опасности и по ожидаемому ущербу на основе данных геомониторинга, позволяющих решать следующие задачи:

— зонирование прибрежной территории по уровню риска и ожидаемому ущербу от природных катастроф на основе комплекса данных геомониторинга и смягчения последствий от их разрушительного воздействия;

— построение компьютерных экспертных моделей для оперативной оценки опасности по данным сейсмической и гидрофизической информации для наиболее территорий для региональных и локальных систем раннего предупреждения и другие.

Выводы.

1. Проведенный анализ подходов прогнозированию природных катастроф свидетельствует, что они требуют дальнейшего развития.

2. Необходимо дальнейшее развитие прогнозирования с применением современных ГИС-технологий с учетом ряда ранее не принимаемых во внимание факторов.

3. Решение сформулированных задач позволит снизить риски возможных последствий от природных катастроф, которые могут исчисляться в миллионах долларов.

Литература

1. *Hong S.J., Imamura F.* Study on the accuracy of the tsunami numerical model around obstacles. Proceeding of the APAC. 2004. P. 18–20.
2. *Koshimura S., Imamura F., Shuto N.* Propagation of obliquely incident tsunamis on a slope. Part I: Amplification of tsunamis on a continental slope // *Coastal Engineering J.* 1999. Vol. 41, N 2. P. 151–164.
3. *Lin P., Liu P. L.-F.* A numerical study of breaking waves in the surf zone // *J. of Fluid Mechanics.* 1998. Vol. 359. P. 239–264.
4. *Liu P. L.-F.* Tsunami Simulations and Numerical Models // *The Bridge.* 2005. Vol. 35, N. 2. P. 14–21.
5. *Moffeld H.O., Venturato A.J., González F.I., Titov V.V., Newman J.C.* The Harmonic Constant Datum Method: Options For Overcoming Datum Discontinuities at Mixed-Diurnal Tidal Transitions // *J. of Atmospheric and Oceanic Techn.* 2004. Vol. 21. Issue 1. P. 95–104.
6. *Titov V.V., González F.I., Newman J.C.* Offshore Forecasting of Alaska-Aleutian Subduction Zone Tsunamis in Hawaii // *NOAA Techn. Mem. ERL PMEL-114.* 1990. 26 p.

7. *Venturato A.J.* A Digital Elevation Model For Seaside, Oregon: Procedures, Data Sources, and Analyses // NOAA Technical Memorandum OAR PMEL-129. 2004. 17 p.
8. *Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Жидков М.П.* Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. II. Четыре региона Малой Азии и Юго-Восточной Европы // Вычислительная сейсмология. 1974. Вып. 7. С. 3–40.
9. *Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Извекова М.Л.* Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. I. Памир и Тянь-Шань // Вычислительная сейсмология. 1973. Вып. 6. С. 107–133.
10. *Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Кейлис-Борок В.И.* Условия возникновения сильных землетрясений (Калифорния и некоторые другие регионы) // Вычислительная сейсмология. 1976. Вып. 9. С. 3–91.
11. *Гранатуров В.М.* Экономический риск. Сущность, методы измерения, пути снижения. М.: ДиС, 2009. 208 с.
12. *Моргунов В.А.* Реальности прогноза землетрясений // Физика Земли. 1999. № 1. С. 79–91.
13. *Осипов В.И.* Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. 2001. Т. 71, № 4. С. 291–302.
14. *Осипов В.И.* Оценка и прогнозирование рисков природных катастроф на территории России // докл. на заседании Президиума РАН 17 февр. 2004 г. [Электронный ресурс URL: http://www.geoenv.ru/science/osipov_paper/osipov_paper-rus.htm (дата обращения: 05.04.2010)].
15. *Попович В.В., Ермолаев В.И., Леонтьев Ю.Б., Смирнова О.В.* Моделирование гидроакустических полей на основе интеллектуальной геоинформационной системы // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 4. С. 37–44.
16. *Савиных В.П., Цветков В.Я.* Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.: Картогеоцентр-Геодезиздат, 2001. 222 с.
17. *Соболев Г.А.* Проблема прогноза землетрясений // Природа. 1989. № 12. С. 47–55.
18. *Федотов С.А.* О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР. М., 1968. С. 121–150.
19. *Четыркин Е. М.* Финансовые риски. М.: Дело, 2008. 176 с.
20. *Широков В.А.* Опыт краткосрочного прогноза времени, места и силы камчатских землетрясений 1996–2000 гг. с магнитудой $M=6-7.8$ по комплексу сейсмологических данных // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы / Отв. ред. Б.В. Иванов. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 95–116.
21. *Широков В.А., Серафимова Ю.К.* О связи 19-летнего лунного и 22-летнего солнечного циклов с сильными землетрясениями и долгосрочный сейсмический прогноз для северозападной части Тихоокеанского тектонического пояса // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2, вып. 8. С. 120–133.
22. International Strategy for Disaster Reduction // [Электронный ресурс URL: <http://www.unisdr.org/> (дата обращения 01.12.2010)].

Рекомендовано лабораторией объектно-ориентированных геоинформационных систем, заведующий лабораторией д-р техн. наук, проф. В.В. Попович.
Статья поступила в редакцию 15.12.2010.

Смирнова Оксана Вячеславовна — канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории объектно-ориентированных геоинформационных систем Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: моделирование,

геоинформационные технологии. Число научных публикаций — 35. sov@oogis.ru, www.oogis.ru; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)355-9682, факс +7(812)355-9674.

Smirnova Oxana Vyacheslavovna — Ph. D in Technical, researcher of Laboratory of Object-Orient Geoinformation Systems, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: modelling, geoinformation technology. The number of publications — 35. ALT@iias.spb.su, www.tulupyev.spb.ru; SPIIRAS, 39, 14th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)355-9682, fax +7(812)355-9674.

РЕФЕРАТ

Смирнова О.В. **Геоинформационные технологии для прогнозирования природных катастроф.**

Геоинформационное прогнозирование, целью которого является своевременное обнаружение неблагоприятных и катастрофических процессов в природной среде, может включать в себя четыре основных группы задач:

1) сбор, обработка и анализ первичной информации об источниках природной катастрофы, в результате чего создаются базы данных и знаний, используемые для дальнейшего накопления и обобщения данных о природной катастрофе;

2) динамическое моделирование природных катастроф — на данном этапе предполагается разработка моделей развития природной катастрофы на основе современных численных и математических методов;

3) оперативное геоинформационное прогнозирование природных катастроф с использованием разработанных моделей;

4) оценка рисков, связанных с развитием и распространением природных катастроф и выработка рекомендаций по их предупреждению.

Каждой из выделенных групп задач характерны свои специфические условия, которые необходимо учитывать при их решении.

В статье рассматриваются частные задачи геоинформационного прогнозирования, такие как долгосрочное прогнозирование землетрясений и цунами на основе геоинформационных технологий, динамическое моделирование распространения волн цунами, возникших в результате землетрясения, определение рисков, связанных с возникновением землетрясений и цунами.

Применение геоинформационных технологий при решении задач прогнозирования природных катастроф предполагает использование эффективных методов визуализации наблюдаемых данных. Необходимо развитие интеллектуальных геоинформационных систем, ориентированных на моделирование и прогнозирование природных катастроф. Кроме того, создание и усовершенствование методов районирования по степени опасности и ожидаемому ущербу, позволит решить задачи зонирования прибрежной территории по уровню риска, построения экспертных моделей для оперативной оценки обстановки и другие задачи.

Сделаны следующие выводы:

1) проведенный анализ подходов прогнозированию природных катастроф свидетельствует, что они требуют дальнейшего развития;

2) необходимо дальнейшее развитие прогнозирования с применением современных ГИС-технологий с учетом ряда ранее не принимаемых во внимание факторов;

3) решение сформулированных задач позволит снизить риски возможных последствий от природных катастроф, которые могут исчисляться в миллионах долларов.

SUMMARY

Smirnova O.V. **Geoinformation technology for prediction of natural disasters.**

Geoinformation prediction, whose goal is the timely detection of adverse and catastrophic processes in the environment may include four main groups of problems.

1. The collection, processing and analysis of primary information about the natural disaster sources. As a result, the preprocessing data create data and knowledge base are used to further data storage and generalization on the natural disaster.

2 Dynamic modeling of natural disasters. At this stage, is proposed to develop models of natural disasters on the basis of modern numerical and mathematical methods.

3. Geoinformation prediction of natural disasters using the develop models.

4. Risk assessment associated with the development and distribution of natural disasters and to make recommendations for their prevention.

Each of the selected groups of problems has its specific conditions that must be taken into account in their decision.

The article consider particular problems of the geoinformation prediction such as long-term prediction of earthquakes and tsunami on the basis of geoinformation technologies, dynamic modeling of tsunami waves resulting from the earthquake, risks identification associated with the occurrence of earthquakes and tsunami.

Geoinformation technologies application for predicting natural disasters suppose to use effective methods of observed data visualization. The development of intelligent geographic information systems it is necessary to oriented modeling and forecasting of natural disasters. Furthermore, the establishment and improvement of zoning methods on the danger degree and expected damage, will solve the problem of zoning the coastal area on the risk degree, building expert models for the operative assessment of the situation and other problems.

Conclusions:

1. An analysis of approaches to forecast natural disasters indicates that they require further development.

2. Further development of forecasting using modern geoinformation technology with regard to a number not previously taken into account the factors.

3. Solution to the problem will reduce the risk of possible consequences of natural disasters, which may number in the millions of dollars.