

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЫСТРОРАЗВИВАЮЩИХСЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Гиниятуллин Б.А., *Кузьмин А.В., Исаева А.Р.

ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–
КАИ, Казань, e-mail: AVKuzmin@kai.ru

Аннотация. В работе поднимается проблема мониторинга, прогнозирования и защиты населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных быстро развивающимися опасными природными процессами на территории муниципального образования. В рамках статьи область исследования территории муниципального района была ограничена прогнозированием подтоплений населенных пунктов вследствие прохождения весеннего половодья. В данном случае анализ риска состоит из нескольких этапов. В начале определяется наиболее вероятный опасный сценарий развития, далее проводится оценка риска и расчет необходимых критериев и показателей. Таким образом определены вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, индивидуальный риск и масштабы возможных последствий. По результатам проведенного анализа сделаны выводы об эффективности системы проводимых на территории муниципального образования превентивных мероприятий. В заключение работы рассматривается качество прогнозирования быстро развивающихся опасных природных процессов на территории муниципального района, в том числе и перспектива внедрения новых технологий, позволяющих проводить оценку риска на основе актуальных, оперативных данных. Данная комплексная работа позволит органам управления своевременно среагировать на опасные явления, а также предпринять превентивные меры по минимизации последствий чрезвычайной ситуации или вовсе её недопущению.

Ключевые слова: быстро развивающиеся опасные природные процессы, обеспечение безопасности жизнедеятельности, оценка риска, прогнозирование, затопление.

MONITORING AND FORECASTING OF RAPIDLY DEVELOPING HAZARDOUS NATURAL PROCESSES IN THE TERRITORY OF THE MUNICIPALITY

Giniyatullin B.A., *Kuzmin A.V., Isaeva A.R.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev», Kazan, e-mail: AVKuzmin@kai.ru

Abstract. The paper raises the problem of monitoring, forecasting and protecting the population from emergencies caused by rapidly developing dangerous natural processes in the territory of the municipality. Within the framework of the article, the area of study of the territory of the municipal district was limited to forecasting flooding of settlements due to the passage of the spring flood. In this case, the risk analysis consists of several stages. At the beginning, the most likely dangerous scenario of development is determined, then a risk assessment is carried out and the necessary criteria and indicators are calculated. Thus, the probability of an emergency, the individual risk and the scale of possible consequences are determined. Based on the results of the analysis, conclusions are drawn about the effectiveness of the system of preventive measures carried out on the territory of the municipality. In conclusion, the paper examines the quality of forecasting rapidly developing hazardous natural processes in the territory of the municipal district, including the prospect of introducing new technologies that allow risk assessment based on relevant, operational data. This comprehensive work will allow management bodies to react in a timely manner to dangerous phenomena, as well as take preventive measures to minimize the consequences of an emergency or prevent it altogether.

Keywords: rapidly developing dangerous natural processes, ensuring the safety of life, risk assessment, forecasting, flooding.

Введение. Развитие общества и мировой экономики имеет двойственные последствия: с одной стороны — это улучшение качества жизни людей, новые

достижения и изобретения в сфере науки и производства, но с другой — рост численности населения, особенно городского, истощение запаса природных

ресурсов, загрязнение окружающей среды. Перечисленные последствия приводят к антропогенной активизации опасных природных процессов. В последнее время негативное влияние природных процессов на население и экономику планеты многократно увеличилось, оно проявляется практически во всех регионах планеты, наносит колоссальный ущерб всем хозяйственным отраслям, приводит к массовой гибели людей. Вследствие чего происходят резкие изменения климата и природной среды, рост среднегодовой температуры воздуха, изменение циркуляции воздушных масс и океанических течений, с чем связаны таяние ледников и деградация вечной мерзлоты на континентах, увеличение водности рек, засухи и опустынивание земель, затопление прибрежных районов морей и т.п. Рост числа и масштабов стихийных бедствий заставляют правительства стран все чаще вводить режим чрезвычайных ситуаций природного характера, тратить огромные средства на восстановление разрушенной экономики и территорий, реабилитацию жителей. Исследования последних лет показывают, что в связи с этим на первый план сегодня выходят превентивные меры борьбы с опасными природными процессами и явлениями.

Законодательством Российской Федерации определено понятие быстроразвивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов – это негативные явления и процессы, определенные в ходе прогнозирования угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций, локализация и ликвидация которой требуют заблаговременной подготовки сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [1].

Динамичностью и стихийностью быстроразвивающихся опасных природных процессов обусловлена необходимость прогнозирования возникновения природных чрезвычайных ситуаций, мониторинга основных источников природной опасности, проведения анализа риска на территориях, а также повышения

эффективности мер по защите населения, в том числе на основе развития научных методов анализа техногенных и природных рисков. Риск – как количественная мера опасности, характеризующая возможность ее возникновения и тяжесть последствий, является неотъемлемой частью любого процесса. Для анализа риска применяют теоретические, статистические и эвристические подходы. Создание единой научно обоснованной методологии моделирования и оценки рисков позволит вывести практические задачи в различных областях деятельности человека на уровень аналитико-методологических исследований, обеспечения безопасного и устойчивого развития сложных природотехнических систем.

Государством определены территории, подверженные риску возникновения быстроразвивающихся опасных природных явлений, и общие мероприятия по снижению негативных последствий. Разработан и утвержден типовой паспорт безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований [2].

На сегодняшний день комбинация существующих методов оценки риска и современные технологии позволяет провести более детальный и индивидуальный анализ возможных последствий чрезвычайных ситуаций природного характера для конкретных территорий с учетом их географических, экономических и социальных особенностей. Однако их практическое применение указывает и на определённые недостатки, в частности на отсутствие возможности оперативного реагирования с учетом изменений исходных данных. Для проведения конкретного исследования был выбран Мамадышский район Республики Татарстан. Для территории района характерными быстроразвивающимися опасными природными явлениями являются наводнения, ураганный ветер и природные пожары.

Цель исследования - изучение возможности прогнозирования быстроразвивающихся опасных природных процессов на территории Мамадышского

муниципального района Республики Татарстан в комбинации существующих методов оценки риска и современных технологий контроля исходных данных и параметров окружающей среды.

Материал и методы исследования. Анализ нормативно-правовой базы показал, что в Российской Федерации имеется развитое законодательство в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. К тому же на региональном уровне постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан [3] определены зоны экстренного оповещения населения.

Это те территории, которые наиболее подвержены риску возникновения быстроразвивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов, представляющих непосредственную угрозу жизни и здоровью находящихся на ней людей.

В рамках работы область исследования территории Мамадышского района была ограничена прогнозированием подтоплений населенных пунктов

вследствие прохождения весеннего половодья. В Мамадышском районе определено 9 населенных пунктов, попадающих в зоны возможного затопления в паводкоопасный период.

Анализ риска включает идентификацию опасности и непосредственную оценку риска. Идентификация опасностей заключается в выявлении и описании всех источников опасностей (инициирующих событий) и сценариев их реализации. А оценка риска основана на анализе причин возникновения и условий развития аварий (катастроф), включает определение частот, инициирующих и всех нежелательных событий и анализ последствий возможных воздействий факторов опасности на людей, имущество и окружающую природную среду (рисунок 1).

Методы анализа риска, подходящие для исследования быстроразвивающихся опасных природных процессов, в соответствии с классификацией по основам подходов представлены в таблице 1.



Рисунок 1. Функциональная схема оценки рисков

Таблица 1 - Классификация методов анализа риска

Методический подход	Основа подхода	Примеры
Расчетно-аналитический	Моделирование с вероятностными показателями, определенными с большей или меньшей степенью точности/ достоверности	• Дерево отказов • Дерево событий • Дерево решений • Метод Монте-Карло • F/N-кривая
Статистический	Изучение статистики потерь в аналогичных ситуациях, определение частоты опасных событий	• Анализ баз данных/знаний • Анализ влияния человеческого фактора • Методы оценки с помощью теории вероятностей
Эвристический	Использование знаний и опыта квалифицированных специалистов в данной предметной области. Предполагают сбор, изучение и обобщение экспертных оценок	• Интервью, опросы, анкетирование • Мозговой штурм • Метод Дельфи • Анализ сценариев • Исследование опасности и работоспособности

Результаты исследования и их обсуждение. Предлагаемые подходы к исследованию рисков универсальны, поскольку применимы вне зависимости от их предметного содержания, специфики хозяйственной сферы и ситуации. Математический аппарат анализа всех видов риска в расчетных подходах базируется на теории вероятностей и для оценки риска нужно владеть статистикой.

Согласно математической модели, к примеру, если населенный пункт не затоплялся с момента наблюдения за ним, то индивидуальный риск вследствие его затопления отсутствует, однако данный вывод не соответствует действительности.

Таким образом, в расчетах по оценке рисков на территории Мамадышского района применялись формулы, изложенные в методиках «Менеджмент риска и оценка риска» (ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011) [4] и в «Методике комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций» [5], утвержденной ВНИИ ГОЧС, но с внедрением в математический аппарат расчетов с использованием информационных систем МЧС России.

Источником исходных данных для анализа рисков выбран паспорт безопасности территории, разработка

которого строго регламентирована нормативными актами [2].

Для примера была проведена оценка риска затопления для села Вахитово Мамадышского муниципального района (рисунок 2). Источником ЧС является паводок (половодье) на реке Шия. Критический уровень воды реки Шия, при котором начинается подтопление в с. Вахитово, составляет 330 см (уровень опасного явления). Ежегодно в период половодья (середина марта – середина апреля) происходит выход воды на пойменную часть местности. По статистике МЧС России за последние 15 лет всего зарегистрировано 4 случая подтопления приусадебных участков и домов в селе Вахитово.

Первый этап оценки риска природной чрезвычайной ситуации заключается в определении вероятности ее возникновения. Для этого в работе был использован графоаналитический метод анализа рисков «Древовидные структуры» (рисунок 3).

На втором этапе проведено определение масштабов возможного причинения вреда при возникновении ЧС путем расчета основных характеристик развития и последствий ЧС.



Рисунок 2. Карта риска с. Вахитово Мамадышского муниципального района

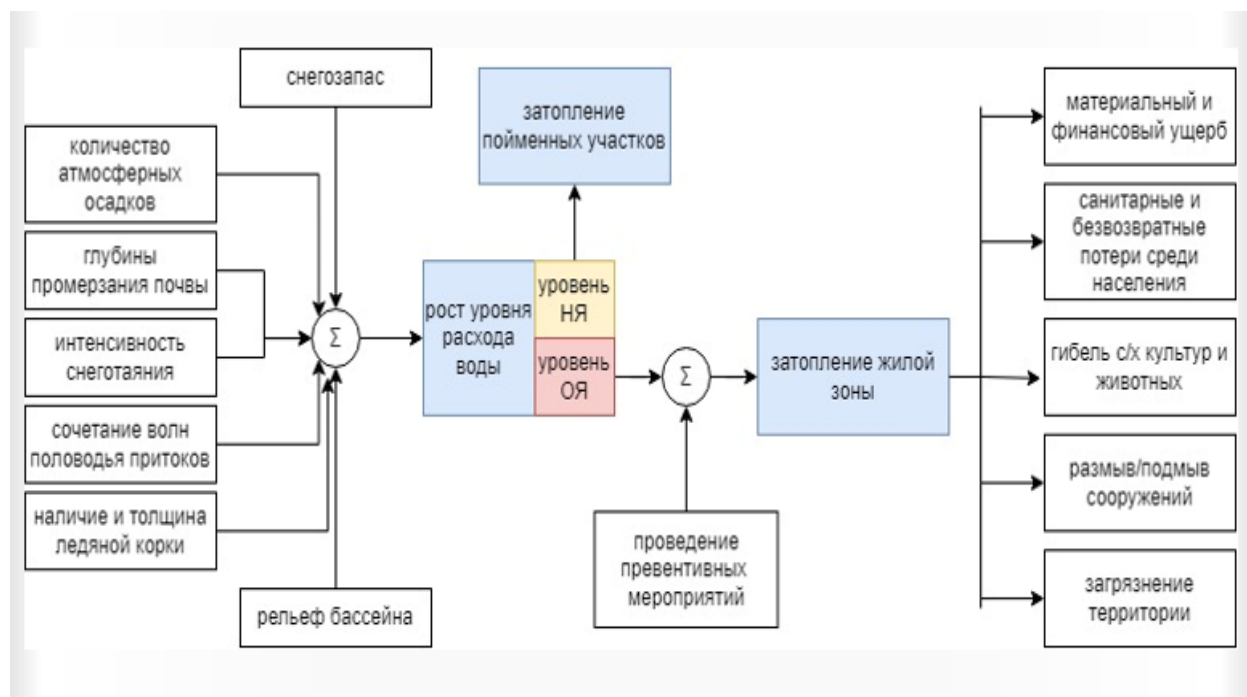


Рисунок 3. Факторы возникновения гидрологической природной ЧС и ее последствия

Наиболее вероятным опасным сценарием паводка является следующая ситуация: очень сильные осадки в период половодья при средней температуре окружающего воздуха выше нормы. Исходя из опасного сценария, расчетов по интенсивности осадков и таяния снега и характеристики русла определен масштаб.

Для определения зоны возможного подтопления использован инструмент МЧС России – геоинформационная система «Атлас опасностей и рисков». В основе данного метода прогнозирования лежит работа с ортофотопланами, а также цифровыми моделями рельефа местности.

При максимально вероятном расчетном уровне воды в реке Шия 530 см в зону затопления попадают 18 домов с населением 54 человека. В таком случае прохождение паводка будет считаться чрезвычайной ситуацией, так как нарушены условия жизнедеятельности более 50 человек согласно приказа МЧС России [6].

Индивидуальный риск, определяемый как вероятность смертельного исхода или потери здоровья населения за год при стихийном бедствии (затоплении) определен расчетным путем на основании статистических данных о прохождении половодья (паводка) в Мамадышском муниципальном районе и равен $12,4 \cdot 10^{-5}$, что соответствует значению высокого риска.

Предварительная сумма ущерба при данном сценарии развития ЧС рассчитана согласно методике оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций [7] и составляет 2 млн 45 тыс. рублей.

По результатам проведенной оценки риска затопления в с. Вахитово можно сделать выводы о недостаточности эффективности системы проводимых на территории муниципального образования превентивных мероприятий.

Основной целью проводимых предупредительных мероприятий является уменьшение масштаба наводнения, снижение потерь и ущерба от него. Предупредительные меры, направленные на эти цели, могут быть разделены на три группы:

I группа – работы прогнозно-аналитического характера (пример: ежедневный оперативный прогноз рисков возникновения чрезвычайных ситуаций);

II группа – меры организационно-оперативного характера (пример: нормативно-правовая документация);

III группа – инженерно-технические и другие профилактические мероприятия (чернение льда и т.д.).

В качестве вывода по проведенной работе, решая изначально поставленную цель по совершенствованию прогнозирования быстроразвивающихся опасных природных процессов на территории Мамадышского муниципального района предлагается внедрить в методику оценки риска использование расчетов с помощью информационных систем и аналитических моделей, основанных на оперативных данных. Такие данные позволяют получить применение беспилотных летательных аппаратов для построения ортофотопланов и актуальной высотной карты. Таким образом методика оценки риска не будет преимущественно основываться лишь на статистике, а будет учитывать ситуацию в режиме реального времени.

Заключение. В ходе проведенной аналитической работы по расчету риска на примере с. Вахитово Мамадышского района Республики Татарстан, в целях совершенствования прогнозирования быстроразвивающихся опасных природных процессов предлагается внедрить систему маркеров на основе актуальной высотной карты. Имея на вооружении оцифрованную модель рельефа местности можно провести расчет по подъему уровня воды до заданных значений и определить точку на местности, при затоплении которой с высокой долей вероятности будут подтоплены населенные пункты ниже по реке. Назовем эту точку «маркер опасности».

К примеру формулу расчета индивидуального риска $Rei = H \cdot P$, которая зависит от частоты чрезвычайных ситуаций за год, и в данной работе была определена только благодаря статистическим данным по выбранному населенному пункту можно

дополнить коэффициентом достижения воды до «маркера опасности». При достижении воды маркера коэффициент будет равен единице, а формула приобретает вид: $Rei = (H+k)*P$.

В данном случае исключается его нулевой показатель при отсутствии сведений о его затоплении в прошлом.

Данная комплексная работа позволит органам управления своевременно среагировать на опасные явления заблаговременно, позволит предпринять превентивные меры по минимизации последствий чрезвычайной ситуации или вовсе её недопущению.

Литература:

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/

2. Приказ МЧС России от 25 октября 2004 года № 484 «Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.consultant.ru>

3. Об утверждении границ зон экстренного оповещения населения на территории Республики Татарстан: постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 07.10.2022 №1083 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pravo.tatarstan.ru/>

4. «Менеджмент риска и оценка риска» (ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://zs.favt.ru/public/materials/files/ГОСТ%20Р%20ИСО%2031010>

5. Приказ министерства промышленности и торговли Российской Федерации, федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2016 года N 726-ст «Об утверждении национального стандарта «ГОСТ Р 22.2.03-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Паспорт безопасности административно-территориальных единиц». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/

6. Приказ МЧС России от 5 июля 2021 г. № 429 «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.consultant.ru>

7. Приказ МЧС России от 01.09.2020 №631 «Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.consultant.ru>

Сведения об авторах:

Гиниятуллин Б.А. (г. Казань, Россия), магистрант кафедры промышленной и экологической безопасности; ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ.

Кузьмин А.В. (г. Казань, Россия), кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной и экологической безопасности; ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ, e-mail: AVKuzmin@kai.ru.

Исаева А.Р. (г. Казань, Россия), аспирант кафедры промышленной и экологической безопасности; ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ.

