



II Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития IT- и VR-технологий в области комплексной безопасности»

**Доклад**  
**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**  
**ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО**  
**ХАРАКТЕРА»**

**Авторы:**

**АКИМОВ Валерий Александрович,**  
**доктор технических наук, профессор, гнс ВНИИ ГОЧС;**  
**ИВАНОВА Екатерина Олеговна, снс ВНИИ ГОЧС.**  
**Екатеринбург, УрИ ГПС МЧС России, 26 октября 2023 г.**

**2023**

**НАУКА ВО ИМЯ СПАСЕНИЯ**



1. Онтологическая модель данных АПК «Безопасный город», включающая полный спектр справочников и классификаторов по всем функциональным блокам и сегментам в соответствии с Концепцией построения и развития АПК «Безопасный город», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р.
2. Прогнозные и аналитические модели (ПАМ) по основным видам угроз, описанным в Концепции.
3. Сценарии реагирования единых дежурно-диспетчерских служб на кризисные ситуации и происшествия (КСП) при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия (сценарии реагирования).
4. Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия, а также единый стек открытых протоколов.
5. Конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем разных уровней.
6. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем аппаратно-программного комплекса «Безопасный город».
7. Предложения по нормативному правовому, организационно-методическому и нормативно-техническому сопровождению мероприятий по построению и развитию аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», направленные на практическое применение результатов НИОКР.

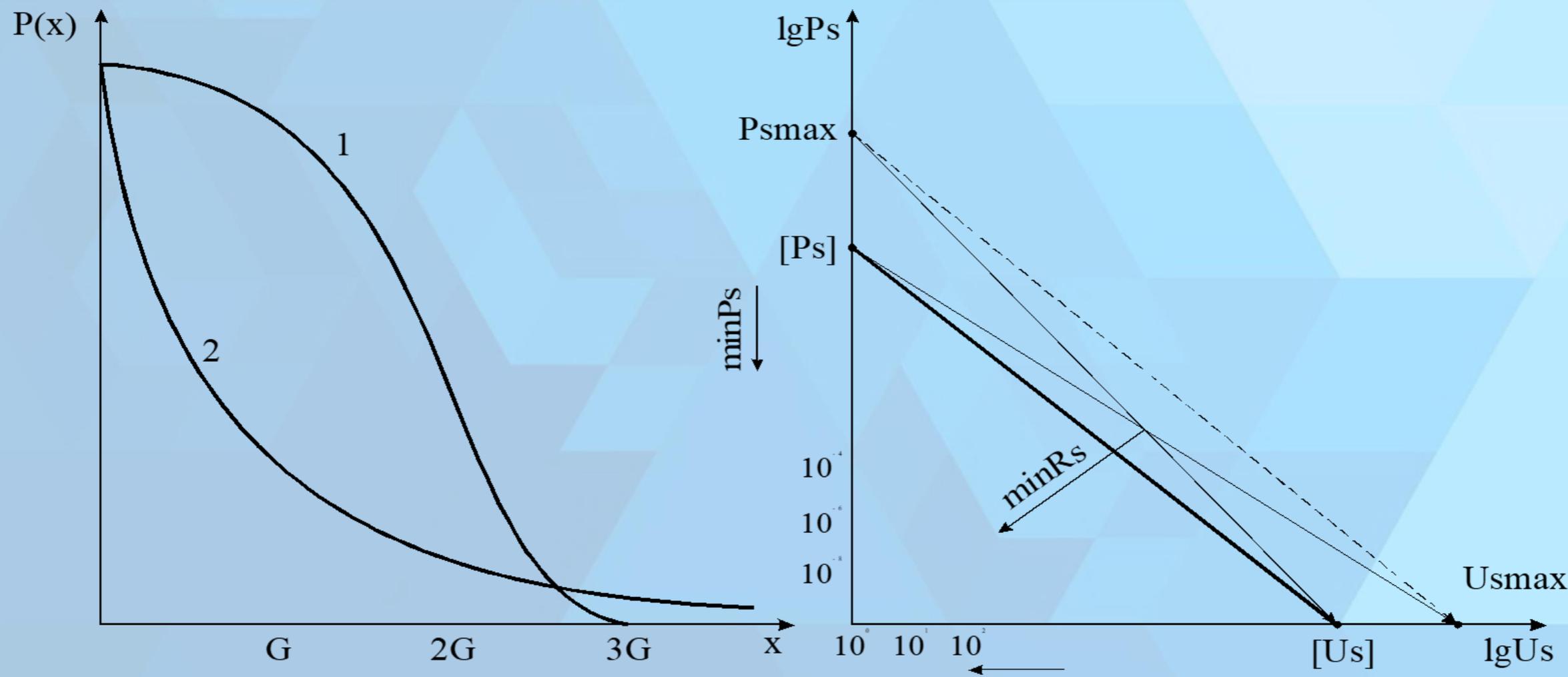
## ПНСТ, УСТАНОВЛИВАЮЩИЕ ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПАМ В ОБЛАСТИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ



В рамках создания АПК «Безопасный город» разработаны, утверждены и введены в действие предварительные национальные стандарты (ПНСТ), устанавливающие общие требования к прогнозным и аналитическим моделям (ПАМ) по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам населению и территориям РФ:

- 1) ПНСТ 763-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ;
- 2) ПНСТ 764-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ МАССОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЮДЕЙ;
- 3) ПНСТ 765-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАВОДНЕНИЙ;
- 4) ПНСТ 767-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ;
- 5) ПНСТ 770-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ СБРОСА ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГИДРОСФЕРУ;
- 6) ПНСТ 771-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ;
- 7) ПНСТ 774-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ;
- 8) ПНСТ 775-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ.

# ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАТАСТРОФ



- 1 – нормальное (гауссово) распределение
- 2 – степенное распределение (с «тяжелыми хвостами»)

# МЕТОД БАЙЕСА И БАЙЕСОВСКИЕ СЕТИ



В общем виде формула Байеса имеет следующий вид:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)},$$

где

$P(A)$  — априорная вероятность гипотезы  $A$ ;

$P(A|B)$  — вероятность гипотезы  $A$  при наступлении события  $B$   
(апостериорная вероятность);

$P(B|A)$  — вероятность наступления события  $B$  при истинности гипотезы  $A$ ;

$P(B)$  — полная вероятность наступления события  $B$ .

Байесовская сеть — это графовая вероятностная модель, представляющая собой множество переменных и их вероятностных зависимостей по Байесу.

Математический аппарат байесовских сетей был создан американским ученым Джудой Перлом.

# ТИПОВАЯ ПРОГНОЗНАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА



Общие требования к ПАМ в составе АПК «Безопасный город», разрабатываемой на базе методик с использованием методов Байеса, установлены в предварительном национальном стандарте ПНСТ 762—2022 **Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ТИПОВАЯ ПРОГНОЗНАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА. Общие требования** .

Прогнозные и аналитические модели с использованием методов Байеса могут использоваться для широкого спектра часто проявляющихся угроз и связанных с ними кризисных ситуаций и происшествий. Для редко проявляющихся угроз ввиду невозможности формирования необходимой статистической информации в достаточном объеме следует применять модели, разработанные на базе иных методов.

Процесс разработки типовой ПАМ в составе АПК «Безопасный город» на базе методик с использованием методов Байеса включает следующие этапы:

- 1) содержательная постановка задачи (сбор априорной информации о моделируемой предметной области);
- 2) сбор статистики по угрозе и ее анализ;
- 3) подготовка обучающего множества, формирование обучающих примеров в составе обучающего множества;
- 4) выбор методов для обработки входных и выходных данных ПАМ;
- 5) подготовка классификаторов параметров обучающего множества для их последующей обработки;
- 6) реализация ПАМ в вычислительной среде.

# ПАМ В ОБЛАСТИ ПРИРОДНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА



Всего три модели:

1. Модель для прогнозирования лесных пожаров (ПАМ «Лесной пожар»);
2. Модель для прогнозирования последствий землетрясений (ПАМ «Землетрясение»);
3. Модель для прогнозирования наводнений (ПАМ «Наводнение»).

## ПАМ В ОБЛАСТИ ТЕХНОГЕННЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА



Всего четыре модели:

1. Модель для прогнозирования последствий отключения электроснабжения (ПАМ-ОЭ);
2. Модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов (ПАМ-РНН);
3. Модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу (ПАМ-СО);
4. Модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду (ПАМ-ОХВ).

# ТРУДЫ ВНИИ ГОЧС ПО МЕТОДАМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ



**Civil Security Technology**  
Scientific and Technical Journal

Том 19, 2022, № 2 (72)  
Vol. 19, 2022, No. 2 (72)  
ISSN 1996-8493

# Технологии гражданской безопасности

Научно-технический журнал

Главная тема номера:  
Негативные последствия  
изменения климата

Main topic:  
Negative effects of climate  
change

Официальное издание  
базовой организации  
Содружества Независимых  
Государств

Официальное издание  
федерального центра науки  
и высоких технологий

The official publication  
of the basic organization  
of the Commonwealth  
of Independent States

The official journal of the  
federal Center for Science  
and High Technology



В. А. Акимов, А. В. Мишурный, О. В. Якимюк

Прогнозно-аналитические решения по природным,  
техногенным и биолого-социальным угрозам  
единой системы информационно-аналитического  
обеспечения безопасности среды жизнедеятельности  
и общественного порядка «Безопасный город»

Монография



Москва  
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)  
2022

## СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛА «ТГЗ» ПО ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ



1. Акимов, В. А. Математическая модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду / В. А. Акимов, Е. О. Иванова, С. В. Колеганов // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 2(76). – С. 11-14. – EDN KOSQWT.
2. Акимов, В. А. Математическая модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу / В. А. Акимов, С. В. Колеганов, А. В. Мишурный // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 1(75). – С. 71-73. – EDN BPEHQV.
3. Акимов, В. А. Математическая модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов / В. А. Акимов, Е. О. Иванова, А. В. Мишурный // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 1(75). – С. 68-70. – EDN BGHOAN.
4. Акимов, В. А. Аварии на системах электроснабжения: определение индекса приоритета восстановления электроснабжения / В. А. Акимов, А. В. Мишурный // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 4(74). – С. 44-47. – EDN RWBXUK.
5. Иванова, Е. О. Аварии на системах теплоснабжения: вероятностная оценка развития последствий отказов на тепловой сети / Е. О. Иванова, А. В. Мишурный // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 4(74). – С. 48-50. – EDN ZYZBAW.



Существующие математические модели прогнозирования лесных пожаров можно разделить на следующие группы:

- 1) модели прогноза динамики распространения лесного пожара;
- 2) модели прогноза геометрических параметров лесного пожара;
- 3) модели прогноза характеристик течения, тепло- и массопереноса во фронте и зоне пожара;
- 4) общие математические модели, в рамках которых могут быть спрогнозированы различные характеристики во фронте и в зоне лесного пожара.



Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования верховых и низовых ЛП на КТ и обработки данной информации содержится в ПНСТ 774—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ. Общие требования.

Процесс разработки и применения ПАМ-ЛП включает следующие этапы:

- 1) обучение ПАМ-ЛП;
- 2) опытная эксплуатация ПАМ-ЛП на тестовых данных;
- 3) промышленная эксплуатация ПАМ-ЛП на реальных данных.

### **Этап 1. Обучение ПАМ-ЛП:**

- 1.1. Сбор статистики о верховых и низовых ЛП, о растительности и пожароопасном состоянии КТ;
- 1.2. Обработка собранных данных для формирования обучающего множества ПАМ-ЛП;
- 1.3. Сборка данных моделей ПАМ-ЛП в обучающие примеры;
- 1.4. Обработка обучающих примеров с применением байесовского классификатора.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ (ПАМ-ЛП)



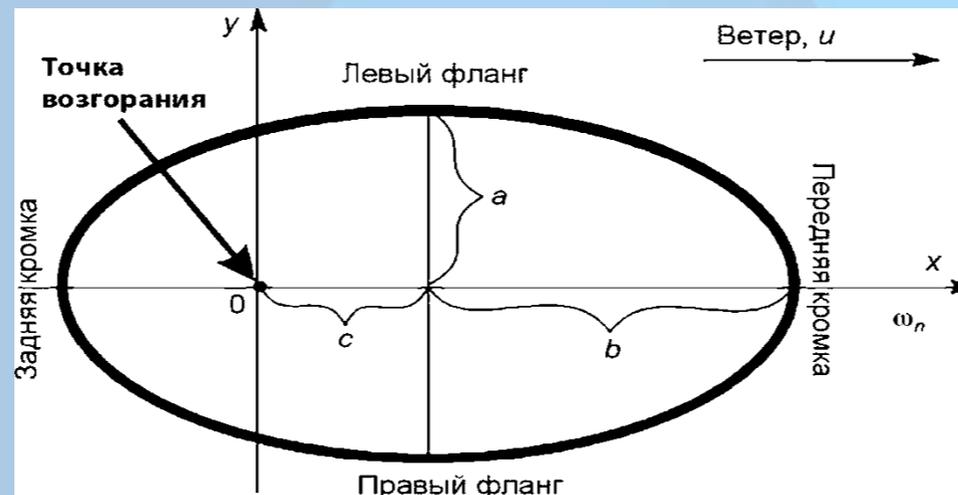
Вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат следующие параметры: скорость верхового ЛП, площадь и скорость низового ЛП.

### Порядок определения расчетной скорости распространения фронта верхового лесного пожара

1. Формируются обобщенные данные о наблюдаемых скоростях фронта верховых ЛП при различных скоростях ветра.
2. Осуществляется расчет средней скорости фронта верхового ЛП для каждой градации скорости ветра.
3. Для каждого лесного участка формируется справочник средних скоростей фронта верхового ЛП при различных градациях скорости ветра.

### Порядок определения расчетных параметров низовых лесных пожаров

1. Скорость распространения фронта ЛП рассчитывается по модели Ротермела, которая основывается на положении о том, что скорость распространения пламени пропорциональна отношению теплоты горения материала к теплоте нагрева новых порций горючего материала до температуры воспламенения.
2. Площадь ЛП определяется, исходя из допущений, что низовой ЛП в однородной среде распространяется эллипсом:



# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



В Российской Федерации сейсмоактивные зоны охватывают обширные районы Дальнего Востока, Забайкалья, Северного Кавказа, где интенсивность землетрясений может достигать девяти баллов.

Поражающими факторами при землетрясениях являются, прежде всего, механические воздействия колебаний земной поверхности и трещины.

Движение почвы крайне редко является причиной человеческих жертв.

Главными причинами несчастных случаев и гибели людей являются вторичные факторы землетрясения:

- 1) повреждения и разрушения зданий и сооружений;
- 2) осыпание битых стекол;
- 3) падение разорванных электропроводов;
- 4) взрывы и пожары, связанные с утечкой газа из поврежденных труб;
- 5) неконтролируемые действия людей, вызванные испугом и паникой.

# МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ПАМ-3)



Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования последствий землетрясений на КТ содержится в ПНСТ 763—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. Общие требования.

Наиболее наукоемким этапом процесса разработки и применения ПАМ-3 является ее обучение, основным мероприятием которого является сбор статистики о землетрясениях в Российской Федерации.

Основными входными данными, для формирования базового обучающего множества ПАМ-3 являются следующие группы параметров:

- 1) характеристики землетрясений;
- 2) характеристики повреждений зданий и сооружений при землетрясениях;
- 3) характеристики зданий и сооружений;
- 4) характеристики территорий;
- 5) параметры метеорологической обстановки.

# СТРУКТУРА ОБУЧАЮЩИХ ПРИМЕРОВ ПАМ-3



| №  | Наименование параметра                                  |
|--|---|
| 1 Характеристика землетрясения                   |   |
| 1.1  | Глубина очага   |
| 1.2  | Магнитуда   |
| 2 Характеристика повреждений здания (сооружения) |   |
| 2.1  | Удаление здания (сооружения) от эпицентра землетрясения |
| 3 Характеристика здания (сооружения)             |   |
| 3.1  | Тип здания (сооружения)                                 |
| -----  | -----   |
| 3.17   | Наличие цокольного этажа (подвального помещения)        |
| 4 Характеристика территории                      |   |
| 4.1  | Тип ландшафта   |
| -----  | -----   |
| 4.6  | Плотность населения                                     |
| 5 Метеорологическая обстановка                   |   |
| 5.1  | Преобладающая температура воздуха ночью                 |
| -----  |   |
| 5.5.   | Количество осадков                                      |

# МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ПАМ-3)



Вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат следующие параметры: степень повреждения здания (см. таблицу); количество людей в поврежденных зданиях.

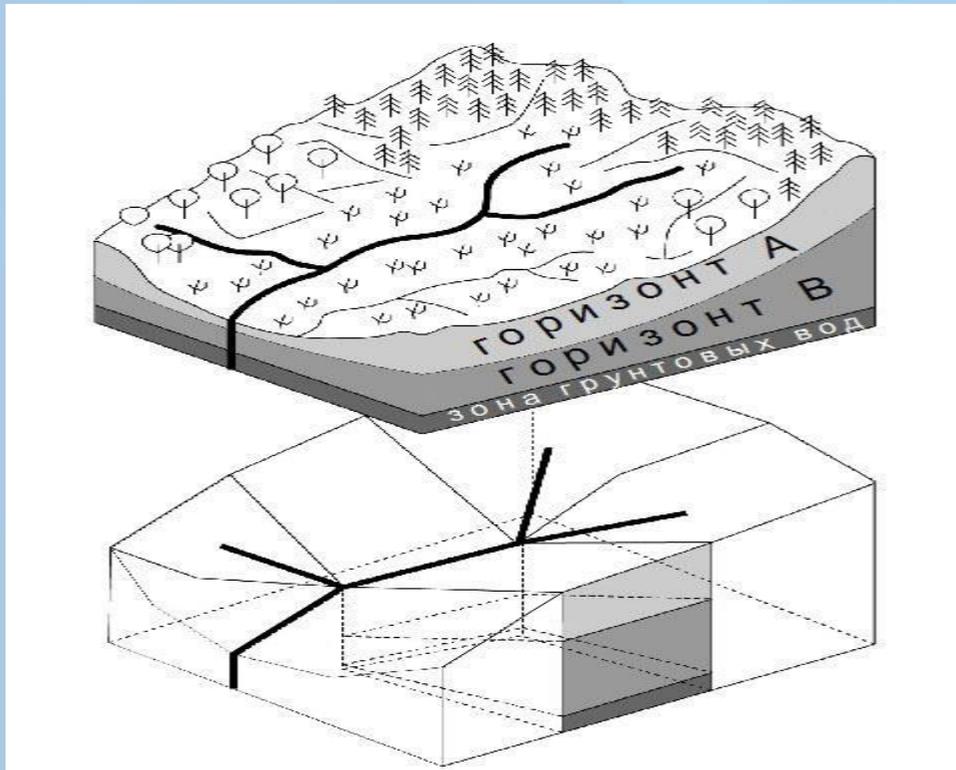
| Описание реакции отдельного здания и сооружения  | Степень повреждения |
|--|---------------------|
| <b>1. Отсутствие видимых повреждений.</b> Сотрясение здания; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки.  | 0                   |
| <b>2. Слабые повреждения.</b> Слабые повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. <b>Работоспособное техническое состояние.</b>  | 1                   |
| <b>3. Слабые повреждения.</b> Слабые повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. <b>Ограниченно работоспособное техническое состояние</b>   | 2                   |
| <b>4. Серьезные повреждения.</b> Повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения. Видимые повреждения конструктивных элементов. <b>Аварийное состояние</b>   | 3                   |
| <b>5. Значительные повреждения.</b> Значительные повреждения несущих элементов здания или сооружения, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, падение дымовых труб. Значительные деформации и большие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. <b>Здание под снос</b> | 4                   |
| <b>6. Разрушение.</b> Обрушение несущих стен и перекрытия. <b>Полное обрушение здания или сооружения с потерей его формы</b>   | 5                   |

# МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ



Для большей части территории России характерно весеннее половодье, вызванное таянием снежного покрова, накопившегося в холодный зимний период.

Из большого числа существующих в мире моделей формирования стока и динамики русло - пойменных потоков, наиболее распространенной в отечественной практике является модель ECOMAG (ИВП РАН).



Уровни моделирования гидрологических процессов:

- 1) Зона формирования поверхностного стока;
- 2) Поверхностный слой почвы (горизонт А);
- 3) Подстилающий слой (горизонт В);
- 4) Зона грунтовых вод.

Общая схема описания в модели ECOMAG включает:

- описание поверхностного и подземного стока воды на водосборе;
- описание движения воды по речной сети.

# МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ (ПАМ-НВ)



Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования наводнений на КТ, обусловленных природными явлениями — паводками, вызванными обильными осадками, обработки данной информации, а также методов анализа неблагоприятных событий на КТ, связанных с наводнениями, содержится в ПНСТ 765—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАВОДНЕНИЙ. Общие требования.

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-НВ в отношении НТ являются:

- 1) данные о наводнениях вследствие паводков, обусловленных обильными осадками на НТ;
- 2) данные, характеризующие участки рек с участками их водосборов;
- 3) данные, характеризующие водосборы наблюдаемых участков рек;
- 4) данные, характеризующие водохозяйственные системы на наблюдаемых участках рек;
- 5) данные, характеризующие контролируемые НП, расположенные в зонах вероятного затопления;
- 6) данные, характеризующие гидрологическую обстановку на участках рек;
- 7) данные, характеризующие метеорологическую обстановку;
- 8) данные, характеризующие преобладающий ландшафт местности, типы и состав почв.

# МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ (ПАМ-НВ)



Вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат следующие параметры: гидроморфологические параметры, характеризующие участки рек при НВ.

При определении расчетных гидроморфологических параметров, характеризующих участки рек-пунктов, необходимо применять следующие приемы расчетов:

- 1) при наличии данных гидрометрических наблюдений — непосредственно по этим данным;
- 2) при недостаточности данных гидрометрических наблюдений — путем приведения их к многолетнему периоду по данным рек-аналогов с более длительными рядами наблюдений;
- 3) при отсутствии данных гидрометрических наблюдений и невозможности сопоставления с приведенными реками-аналогами — по расчетным формулам с применением карт, основанных на совокупности данных наблюдений всей сети ПМГО соответствующего района или более обширной территории.

# ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАМ-НВ



Порядок определения расчетных гидроморфологических параметров, характеризующих участки рек-пунктов, порядок определения зон затопления территорий, а также зависимости расчета основных физических величин для поперечных сечений рек различной формы, приведены в:

Акимов, В. А. [Классические и постнеклассические методы прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного характера](#) / В. А. Акимов, М. В. Бедило // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны в Год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России. В 5-ти ч., Москва, 01 марта 2023 года. Том Часть I. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2023. – С. 20-27. – EDN YAVGTG.

Акимов, В. А. [Научное прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера](#) / В. А. Акимов, Е. О. Иванова // Россия в XXI веке в условиях глобальных вызовов: проблемы управления рисками и обеспечения безопасности социально-экономических и социально-политических систем и природно-техногенных комплексов : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 26–27 апреля 2022 года / Российская академия наук, Международный независимый эколого-политологический университет, Государственный университет управления. Том Выпуск 1. – Москва: Государственный университет управления, 2022. – С. 114-119. – EDN FFDBHY.

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ



Основные причины массовых нарушений электроснабжения потребителей в Российской Федерации:

- 1) значительный износ оборудования электрических сетей (общий износ распределительных электрических сетей достиг 70%);
- 2) ненадлежащее техническое обслуживание объектов электросетевого хозяйства;
- 3) воздействие экстремальных погодных условий (ледяной дождь, сильные снегопады, аномально-низкие температуры и ветровые нагрузки).

# МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (ПАМ-ОЭ)



Описание прогнозирования последствий ОЭ на территории муниципального образования, обработки данной информации, а также методов анализа неблагоприятных событий, возникающих на территории муниципального образования, связанных с ОЭ, содержится в ПНСТ 767—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. Общие требования.

Процесс разработки и применения ПАМ-ОЭ включает следующие этапы: подготовку тестовых исходных данных; опытную эксплуатацию ПАМ-ОЭ на тестовых данных; промышленную эксплуатацию ПАМ-ОЭ на реальных данных.

Основными входными данными ПАМ-ОЭ являются:

- 1) характеристики потребителей электрической энергии, расположенных на территории муниципального образования;
- 2) характеристики массовых повреждений электросетевых объектов на территории муниципального образования.

# МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (ПАМ-ОЭ)



Процедура расчета индекса приоритета восстановления электроснабжения представлена в публикации:  
Акимов, В. А. Определение индекса приоритета восстановления электроснабжения / В. А. Акимов, Е. О. Иванова, Ю. А. Шишков // Применение математических методов к решению задач МЧС России : Сборник трудов секции № 14 XXXIII Международной научно-практической конференции, Химки, 01 марта 2023 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2023. – С. 14-17. – EDN НХСФJН.

В частности, **обобщенный индекс важности потребителей**, подключенных к  $j$ -ой обесточенной ТП, определяется по формуле:

$$I_j^B = 0,8 \sum_{i=1}^n K_i^B + 0,2 \sum_{i=1}^n K_i^L,$$

где:

$K_i^B$  — коэффициент относительной важности  $i$ -ого потребителя, подключенного к  $j$ -ой обесточенной ТП;

$K_i^L$  — коэффициент, учитывающий численность людей в зданиях  $i$ -ого потребителя, подключенного к  $j$ -ой обесточенной ТП;

0,8 и 0,2 — коэффициенты, учитывающие важность критериев  $K_i^B$  и  $K_i^L$  соответственно;

$n$  — количество потребителей, подключенных к  $j$ -ой обесточенной ТП.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ (ПАМ-РНН)



Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования РНН на КТ, обработки данной информации, а также методов анализа неблагоприятных событий для КТ, связанных с РНН, содержится в ПНСТ 775—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ. Общие требования.

ПАМ-РНН должна обеспечить: анализ вероятностей возникновения РНН из резервуаров хранения НН; расчет значений параметров развития РНН на КТ; уточнение расчетных параметров последствий РНН на КТ на основе информации, поступившей с различных систем мониторинга и выявления угрозы в режиме времени, близком к реальному, с учетом применения байесовского классификатора.

Основными наборами данных для формирования базового обучающего множества ПАМ-РНН являются:

- 1) данные, характеризующие РНН;
- 2) основные параметры и техническое состояние объекта хранения НН;
- 3) метеорологическая обстановка на НТ;
- 4) данные, характеризующие хранимые в резервуаре НН;
- 5) данные, характеризующие местность, на которой произошел РНН.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ (ПАМ-РНН)



В частности, **масса нефти**, вылившаяся из резервуара ( $M_p$ , кг), определяется по формуле:

$$M_p(t) = G(t) \cdot t - \frac{\rho_{\text{НН}}^{\text{хр}} \cdot g \mu^2 A_{\text{hol}}^2}{A_R} t^2,$$

где:

$G(t)$  — массовый расход в момент времени, кг/с;

$t$  — период времени истечения, с;

$\rho_{\text{НН}}^{\text{хр}}$  — плотность НН, при температуре хранения в резервуаре, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$\mu$  — коэффициент истечения,  $\mu=0,61$ ;

$A_{\text{hol}}$  — площадь аварийного отверстия, м<sup>2</sup>;

$A_R$  — площадь основания резервуара, м<sup>2</sup>.

**Площадь РНН** при разгерметизации резервуара, расположенного на НТ, рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{пр}} = \pi \cdot L_p^2.$$

где:  $L_p$  — радиус разлива (пятна) НН, представленного в виде приведенного круга, м.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ СБРОСА ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГИДРОСФЕРУ (ПАМ-СО)



Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования последствий сбросов ЖТО в гидросферу и обработки данной информации, содержится в ПНСТ 770—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ СБРОСА ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГИДРОСФЕРУ. Общие требования.

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-СО являются следующие группы параметров:

- 1) параметры систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных в непосредственной близости от источников сбросов ЖТО промышленных объектов;
- 2) параметры систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных на НТ;
- 3) характеристики источников сброса ЖТО;
- 4) характеристики участков ВО в пределах от источников сбросов ЖТО до объектов водозаборов;
- 5) характеристики гидрологической обстановки.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ СБРОСА ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГИДРОСФЕРУ (ПАМ-СО)



В частности, концентрация веществ, входящих в состав ЖТО, рассчитывается по формуле:

$$C(L_x, t) = \frac{m_B}{F(4\pi D_x t)^{0,5}} \left[ \exp\left(-\frac{(L_x - \vartheta t)^2}{4D_x t}\right) - Kt \right],$$

где:

$C(L_x, \tau)$  — средняя концентрация вещества в ВО на расстоянии  $L_x$  через время  $t$ , г/м<sup>3</sup>;

$L_x$  — общая протяженность участка ВО от места сброса ЖТО до системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, м;

$m_B$  — начальная масса сброшенного вещества в ВО, г;

$F$  — площадь поперечного сечения ВО, м<sup>2</sup>;

$D_x$  — коэффициент продольной дисперсии, м<sup>2</sup>/с;

$t$  — время, прошедшее от начала сброса ЖТО в ВО, с;

$\vartheta$  — средняя скорость течения воды на участке ВО, м/с;

$K$  — коэффициент скорости самоочищения воды от сброшенного вещества, входящего в состав ЖТО, 1/с.

## **МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ПАМ-ОХВ)**



**Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования последствий выбросов ОХВ на КТ и обработки данной информации, содержится в ПНСТ 771—2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. Общие требования.**

**Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ОХВ являются следующие группы параметров:**

- 1) параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных по периметру промышленных объектов, на которых имеются источники выбросов ОХВ;**
- 2) параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ;**
- 3) характеристики метеорологической обстановки;**
- 4) характеристики источников выброса ОХВ и параметров выбросов ОХВ.**

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ПАМ-ОХВ)



Входными данными, характеризующими источник выброса ОХВ и параметры выброса ОХВ, являются: наименование источника выброса ОХВ; координаты расположения источника выброса ОХВ (широта, долгота), град.; высота источника выброса ОХВ, м; диаметр устья трубы источника выброса ОХВ, м; мощность выброса, г/с; наименование ОХВ.

Вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат следующие параметры: мощность выброса; концентрация ОХВ.

Математическое описание основных прогнозных параметров выброса опасных химических веществ в окружающую среду представлено в:

**Акимов, В. А. Математическая модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду / В. А. Акимов, Е. О. Иванова, С. В. Колеганов // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 2(76). – С. 11-14. – EDN KOSQWT.**

## ВЫВОДЫ ПО ДОКЛАДУ



1. Научная новизна разработанных моделей заключается в едином научном подходе к их созданию, а именно, применение метода статистической обработки, основанного на теореме Байеса.
2. Для научного прогнозирования кризисных ситуаций и происшествий с использованием метода Байеса и байесовских сетей требуется большое количество актуальных данных для моделирования аварий, катастроф и стихийных бедствий, что характерно для часто повторяющихся негативных событий.
3. Ввиду отсутствия статистических данных методы Байеса не применимы для прогнозирования катастрофических чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера, происходящих редко, но со значительным ущербом.



II Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития IT- и VR-технологий в области комплексной безопасности»»

**Доклад**  
**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**  
**ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО**  
**ХАРАКТЕРА»**

**Авторы:**  
**АКИМОВ Валерий Александрович,**  
**доктор технических наук, профессор, гнс ВНИИ ГОЧС;**  
**ИВАНОВА Екатерина Олеговна, снс ВНИИ ГОЧС.**

**Екатеринбург, УриГПС МЧС России, 26 октября 2023 г.**

**2023**

**НАУКА ВО ИМЯ СПАСЕНИЯ**