

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЙ

© 2021 А. В. Калач^{✉1,2}, В. В. Ничепорчук³, А. Н. Батуро⁴

¹Воронежский государственный технический университет
ул. 20-летия Октября, 84, 394006 Воронеж, Российская Федерация

²Воронежский институт ФСИИ России

ул. Иркутская, 1а, 394072 Воронеж, Российская Федерация

³Институт вычислительного моделирования СО РАН,
ул. Академгородок, 50/44, 660036 Красноярск, Российская Федерация

⁴Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
ул. Северная, 1, 662972 Железногорск, Красноярский край, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены особенности решения задачи управления безопасностью территорий при затоплении. Предложены модели принятия решений в условиях неопределённости и разработана архитектура информационно-аналитических систем, позволяющая интегрировать новые технологии цифровизации экономики. Показано, что внедрение в управление новых технологий цифровой экономики позволяет организовать эффективное взаимодействие населения, спасательных формирований, органов власти разных уровней при подготовке к возможным затоплениям, смягчении их негативных последствий. На примере решения задач управления противопаводковыми мероприятиями рассмотрено применение сквозных технологий поддержки принятия решений. Кратко описаны бизнес-процессы решения различных задач управления безопасностью территорий. Представлена модель организации информационных ресурсов и результаты её практической реализации на примере Воронежской области. Поскольку прогностические модели имеют разный состав входных и выходных данных, алгоритмы обработки, в статье было рассмотрено применение контейнерных вычислений. Спроектирована универсальная аналитическая платформа с учётом возможностей решения разнообразных задач управления безопасностью территорий с возможностью оценки масштабов затоплений при весенних паводках, заторах льда при вскрытии рек, аварийности ГТС и пр. Отмечено, что комплексные оценки рисков включают ранжирование территорий по степени уязвимости под действием опасных факторов, контроль готовности сил и средств к экстренному реагированию. Новизна разработанного авторами статьи подхода заключается во включении в информационные ресурсы не только таблиц данных, справочников и классификаторов, но и знаний об опасных процессах, их последствиях, вариантах смягчения негативных последствий ЧС. В статье представлены детализация онтологии структурной модели данных, формализованные описания результатов моделирования, а также знания, на основе которых формируются решения в конкретной обстановке.

Ключевые слова: сквозные технологии, моделирование затоплений, поддержка принятия решений, защита территорий, затопления, управленческие решения, управление безопасностью.

✉ Калач Андрей Владимирович
e-mail: a_kalach@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка эффективных способов борьбы с негативными проявлениями затоплений территорий актуальна практически для всех регионов Российской Федерации [1–3]. Рост количества и масштабов чрезвычайных ситуаций (ЧС) обусловлен не только изменением климата, но и переходом на другую экономическую модель в начале 1990-х. В следствии несвоевременных ремонтов участились аварии на бесхозяйных гидротехнических сооружениях (ГТС), аккумулирующих воды для нужд сельского хозяйства [4]. Не контролируемое лесопользование в верхних участках бассейнов рек снизило влагоудерживающую способность почв, увеличило вероятность катастрофических летних паводков [5]. Коллапс производств в малых поселениях, отток трудоспособного населения повысили уязвимость к стихийным бедствиям.

Внедрение в управление новых технологий цифровой экономики позволяет организовать эффективное взаимодействие населения, спасательных формирований, органов власти разных уровней при подготовке к возможным затоплениям, смягчении их негативных последствий. Средства коммуникации обеспечивают оперативное доведение до лиц, принимающих решения, необходимую информацию в виде предупреждений, прогнозов развития ситуаций, рекомендаций, сведений о системах защиты и т. д. Такая информация представляет собой результаты глубокой обработки данных оперативного комплексного мониторинга и ситуационного моделирования. На примере решения задач управления противопаводковыми мероприятиями рассмотрено применение сквозных технологий поддержки принятия решений. Кратко описаны бизнес-процессы решения различных задач. Представлена модель организации информационных ресурсов и результаты её практической реализации на примере Воронежской области.

1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Согласно [6] защита населения и территорий от ЧС, обеспечение сбора, обработки, обмена и выдачи информации для предупреждения и ликвидации ЧС определены в качестве основных задач Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций — РСЧС. Сложность процессов управления природно-техногенной безопасностью, заключающаяся в необходимости информационного обмена и координации взаимодействия сил и средств в условиях жёстких ограничений по времени и ресурсам, дефицита достоверной информации. В процессах принятия решений используется большой объём отчётов, донесений, распоряжений, форма представления и структура которых допускают неоднозначную интерпретацию, что способствует росту объёмов неформализованных данных. Неформализованный вид описаний характеристик объектов и событий, ранее принятых решений и их результатов затрудняет автоматизацию информационной поддержки управления обеспечением природно-техногенной безопасности территорий, снижает эффективность функционирования РСЧС.

Для формализации процессов поддержки управления безопасностью территорий с использованием информационных технологий разработана системная модель [7]. Разнообразие задач обеспечения безопасности целесообразно показать через обозначения элементов модели. Представим задачи T управления как пересечения элементов G и L , где G — процессы (режимы) функционирования РСЧС, L — уровни управления (табл. 1). $G = \{g_1, g_2, g_3\}$, где g_1 — повседневное управление ЧС; g_2 — оперативное управление; g_3 — планирование стратегических мероприятий снижения рисков. $L = \{l_1, l_2, l_3\}$, где l_1 — субъектовый (региональный), l_2 — муниципальный, l_3 — поселение или защищаемый объект.

На уровне l_3 реализуются принятые решения. В отличие от l_1 и l_2 решения, как правило, принимаются единолично. Информа-

Таблица 1. Задачи управления безопасностью территорий
[Table 1. Tasks of territorial security management]

| Режимы функционирования \ Уровни управления | Субъект РФ, l_1 | Муниципалитет, l_2 |
|---|--|--|
| Повседневный, g_1 | Получение, обработка данных мониторинга. Идентификация опасностей. Оповещение | Реагирование на угрозы и прогнозы |
| | Формирование информационных ресурсов путём межведомственного обмена | Формирование информационных ресурсов через систему сбора данных |
| Режим ЧС, g_2 | Ситуационное моделирование для уточнения обстановки | Реализация сценариев реагирования. Верификация машинных решений в конкретных ситуациях |
| Стратегическое управление, g_3 | Ситуационное моделирование возможных последствий ЧС | Формирование сценариев реагирования |
| | Перевод планов действий в базы знаний | Верификация машинных решений в ходе учений и тренировок |
| | Аналитическое моделирование. Оценка рисков. Обоснование превентивных мероприятий | Реализация превентивных мероприятий. Сбор данных о результатах снижения рисков |

ционный обмен с вышестоящими органами управления в g_2 должен заключаться в формулировании запросов на уточнение обстановки или использование дополнительные резервов.

В остальных режимах каждый уровень управления актуализирует информационные ресурсы согласно регламенту.

Информационные процессы поддержки принятия решений включают последовательное выполнение функций сбора, консолидации, хранения данных, аналитического и ситуационного моделирования, формирования решений. При этом задействованы технологии $IT = \{it_1, it_2, \dots, it_5\}$, где it_1 — технологии хранения данных; it_2 — технологии аналитической обработки данных; it_3 — геоинформационные технологии; it_4 — веб-технологии, it_5 — интеллектуальные технологии. Множественное число иллюстрирует разнообразие технологий, с помощью которых реализуются функции обработки данных. Например, при формировании решений на основе моделиро-

вания максимальных уровней воды могут задействоваться экспертные системы, нейронные сети, другие технологии искусственного интеллекта [8, 9].

Иерархичность построения системы управления безопасностью территорий обуславливает требования к представлению результатов обработки данных. Немногочисленные специалисты l_1 способны освоить технологии моделирования ситуаций с детальной оценкой последствий затопления и вариативностью ответных действий. На муниципальном уровне l_2 не требуется степеней свободы в выборе решений. Для ЛПР уровня l_3 необходима компактная информация для поддержки управления занимающая несколько экранов смартфона.

2. МОНИТОРИНГ ОБСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIGDATA

Прогноз вероятности возникновения ЧС на гидрологических объектах формируется

на основе метеорологических данных, наблюдений за водным режимом, анализа характеристик источников опасности (водотоки, ГТС, переправы). Методология гидропрогнозов активно развивалась с середины прошлого века. В краткосрочных расчётах гидрографов, как правило, используются эмпирические коэффициенты, уникальные для каждого створа [10]. Интеграция технологий дистанционного зондирования Земли и BigData позволяет расширить применение прогнозов, автоматизировать идентификацию возможных опасностей. Дополнение классических методов средствами интеллектуального анализа детализирует прогнозы во временном и в пространственном масштабах. Это важно для территорий Сибири и Дальнего Востока с редкой сетью метеостанций и водомерных постов.

Большие данные, составляющие основу прогнозов, предоставляются глобальной системой численного прогнозирования погоды (Global Forecast System — GFS). Метеорологическая информация, записанная в 354 слоя для всей поверхности Земли с пространственным разрешением 0.25° обновляется четырежды в сутки [11]. Оперативные и архивные наблюдения режимов поверхностных вод также доступны в сети Интернет [12]. Источником больших данных является технология интернета вещей, включающая сенсоры технического состояния объектов, облачные и туманные вычисления [13].

Поскольку прогностические модели имеют разный состав входных и выходных данных, алгоритмы обработки, целесообразно применение контейнерных вычислений [14, 15]. Универсальная аналитическая платформа проектируется с учётом возможностей решения разнообразных задач. Это оценка масштабов затоплений при весенних паводках, заторах льда при вскрытии рек, аварийности ГТС и пр. Комплексные оценки рисков включают ранжирование территорий по степени уязвимости под действием опасных факторов, контроль готовности сил и средств к экстренному реагированию.

3. АДАПТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Современные информационные технологии позволяют формировать в автоматическом режиме распределённые информационные ресурсы с настраиваемым доступом и независимые от них сервисы аналитического и ситуационного моделирования, используемые для выработки управленческих решений [16]. Этому способствует рост количества источников данных мониторинга, содержащих информацию об оперативной обстановке и упорядоченные архивы, унификация форматов доступа к данным.

Проектирование организации информационных ресурсов является основой информационно-аналитических систем и сервисов. Концептуализация информационных ресурсов в виде онтологии в отличие от даталогической модели, позволяет отразить изменение состава данных в зависимости от задач, технологий, внешнего информационного пространства.

Онтологию информационных ресурсов (рис. 1) представим как:

$$A = \langle O, P, T, D, IT, M \rangle,$$

где O — характеристики объектов, используемые для описания состояния безопасности территорий. Их перечень определяется анализом произошедших событий;

P — процессы развития опасностей; процессы утраты функциональных способностей защищаемых объектов при затоплениях различной обеспеченности или в результате реализации сценариев аварии на ГТС; процессы управления ликвидацией последствий ЧС, защиты и обеспечения населения и др.;

T — информационная поддержка задач управления;

D — структура, содержания, регламент обновления данных, определяемые характеристиками систем мониторинга;

IT — информационные технологии обработки данных, определяющие требования к хранению;

M — аналитические и ситуационные модели.

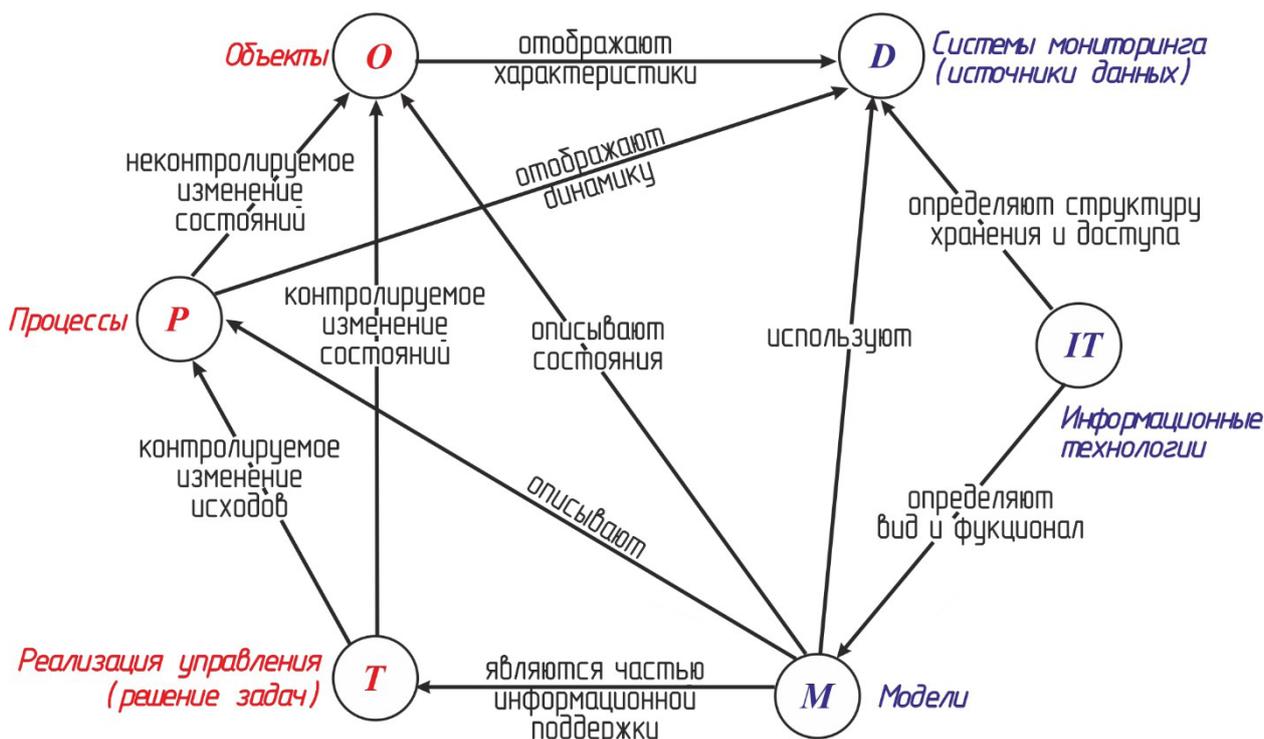


Рис.1. Организация информационных ресурсов
[Fig. 1. Organization of information resources]

Формат статьи не позволяет во всех деталях рассмотреть классы объектов онтологии и отношения между ними. Новизна подхода заключается во включении в информационные ресурсы не только таблиц данных, справочников и классификаторов, но и знаний о опасных процессах, их последствиях, вариантах смягчения негативных последствий ЧС. Детализация онтологии интегрирует структурную модель данных, формализованные описания результатов моделирования, а также знания, на основе которых формируются решения в конкретной обстановке. Отношения $M \rightarrow O$ формируют динамические паспорта территорий [17], $M \rightarrow P$ — прогнозирование вероятности, масштабов и последствий затоплений территорий [18], $M \rightarrow T$ — полный цикл формирования решений при угрозе или возникновении ЧС [19].

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Модель действий ликвидации последствий ЧС учитывает распределение времени создания группировки средств для оператив-

ного проведения спасательных операций. С учётом неопределённости и неполноты сведений описываются множество альтернативных решений $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, где x_s — альтернативы, $s = 1, \dots, n$.

Для выбора оптимального варианта действия происходит попарное сравнение посредством системы показателей. Показатели характеризуют внешние факторы, состояния среды ЧС Y . При этом лицам, принимающим решения, неизвестно конкретное состояние y из множества $Y = \{y_1, \dots, y_d\}$.

На множествах решений $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ и $Y = \{y_1, \dots, y_d\}$, определена характеристика c_p , описываемая функцией полезности $F_i = f_i(x_s, y_j, p_j)$, $x_s \in X$, $y_j \in Y$ либо функцией потерь $S_i = s_i(x_s, y_j, p_j)$, $x_s \in X$, $y_j \in Y$.

Следует отметить, что в данном исследовании методы нечеткой логики не применяли в связи с необходимостью учета влияния человеческого фактора на результат спасательной операции.

При оценке возможны несколько ситуаций, связанных с наличием информации о состояниях внешних факторов ЧС гидрологического характера:

1. Руководителю, принимающему решения, известно распределение вероятностей

$$S_i = s_i(x_s, y_j, p_j) x_s \in X, y_j \in Y p = \\ = (p_1, \dots, p_d) : 0 \leq p_j \leq 1,$$

$$\sum_{j=1}^d p_j = 1 \text{ наступления состояния ЧС } y_j \in Y.$$

2. ЧС гидрологического характера стремится к выбору состояний $y_j \in Y$, обеспечивающих наименьшее (наибольшее) значение функции полезности (потерь) из множества своих максимально (минимально) возможных значений.

3. Руководитель, принимающий решения, имеет неточную информацию о состояниях внешней факторов ЧС. Требуется решить задачу выбора – выделить лучшую альтернативу $x_s \in X$. Введенная функция полезности F_i используется для оценки характеристики системы, c_i , описывает полезность, вероятность достижения цели. Для принятия решения применима энтропия H_i , являющаяся мерой оценки неопределённости.

Решение имеет вид:

$$c_i(p, x) = \min_{x_s \in X_1} H_i(p, x_s),$$

$$\min_{x_s \in X_1} H_i(p, x_s) = \min_{x_s \in X_1} (-L \ln T),$$

где $L = \sum_{j=1}^d \frac{p_j \tilde{f}_i(x_s, y_j)}{\sum_{i=1}^d p_j \tilde{f}_i(x_s, y_j)}$;

$$T = \frac{p_j \tilde{f}_i(x_s, y_j)}{\sum_{i=1}^d p_j \tilde{f}_i(x_s, y_j)}.$$

Рассмотренные критерии выбора вариантов решения положены в основу алгоритма поддержки принятия решений (рис. 2.).

Показано, что, решение задачи анализа и совершенствования существующей системы ликвидации последствий ЧС, действующей на гидрологическом объекте, возможно с использованием Марковского процесса [20].

5. СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА

Гибкость представлений информационных ресурсов, проектируемых с целью использования современных информационных технологий, логически продолжена в системная

архитектуре. Архитектура определяет функционал синтезируемой информационно-аналитической системы для разных режимов функционирования G и разных уровней управления L противопоаводковой защитой территорий, обосновывает выбор программных компонентов для рациональных способов комплексного решения задач управления. На рис. 3 представлены компоненты системной архитектуры:

- хранилище данных с блоком консолидации информационных ресурсов;
- подсистемы и сервисы обработки;
- человеко-машинный интерфейс.

Данные актуализируются в повседневном режиме функционирования g_1 . При экстренном реагировании g_2 возможно использование данных, описывающих объекты и процессы, пространственных данных d_4 непосредственно из внешних систем или распределённых ресурсов напрямую. Например, при интеграции сервиса моделирования с системой Росреестра, пространственный запрос формирует список затопленных строений. Исходя из их характеристик и расчётов степени повреждения оценивается масштаб последствий, объём, содержание и порядок выполнения мероприятий защиты и жизнеобеспечения населения, работ по восстановлению функционирования инфраструктуры.

Подсистемы (сервисы) обработки данных сгруппированы в порядке использования систем разными подразделениями при реализации информационной поддержки управления. Аналитическая обработка оперативного мониторинга данных выявляет угрозы в потоках данных, применяется для формирования прогнозов ЧС. Процессы подготовки сценариев ЧС и реализации управления взаимодополняемы.

Накопление знаний о порядке реагирования происходит путём формализации произошедших ситуаций и моделировании возможных событий экспертами в ходе учений и тренировок. Создание стандартов обмена знаниями позволит сформировать федеральную базу сценариев, избежать ошибок управления при возникновении масштабных событий, редких для масштаба муниципалитета l_2 .

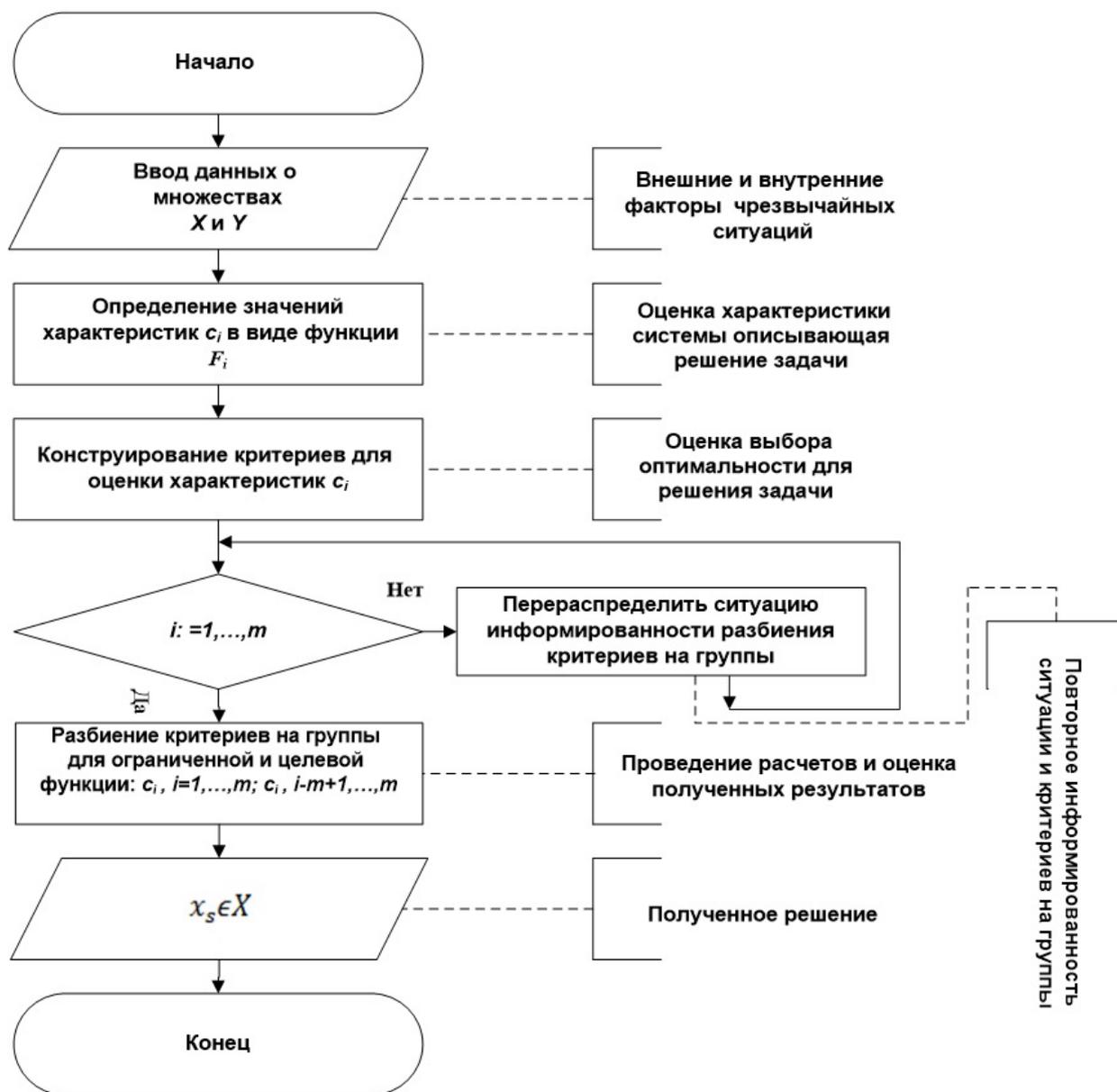


Рис. 2. Алгоритм выбора действий при ликвидации последствий ЧС гидрологического характера в условиях неопределённости

[Fig. 2. Algorithm for selecting actions to eliminate the consequences of a hydrological emergency in the conditions of resource uncertainty]

Решение задач стратегического управления g_3 основано на комплексных оценках рисков. Например, ранжирование ГТС по степени опасности зависит от многих факторов, среди которых: состояние плотины, объём водохранилища, условия формирования избыточного объёма воды во время весеннего половодья, уровень урбанизации нижнего бьефа, степень «прикрытия» поселений и объектов в зонах повышенного риска аварийно-спасательными формированиями, возможностями своевременного проведения

эвакуационных, медицинских, противоэпидемических и других мероприятий. Для сбора, ранжирования, поиска зависимостей между десятками показателей, представления результатов анализа в удобном виде используются технологии OLAP, Data Mining, ГИС, динамическая веб-инфографика и другие.

Во всех процессах решается задача доведения информации до получателей. При экстренном оповещении это короткое сообщение, достаточное, для адекватного реагирования с последующим уточнением сложившей-

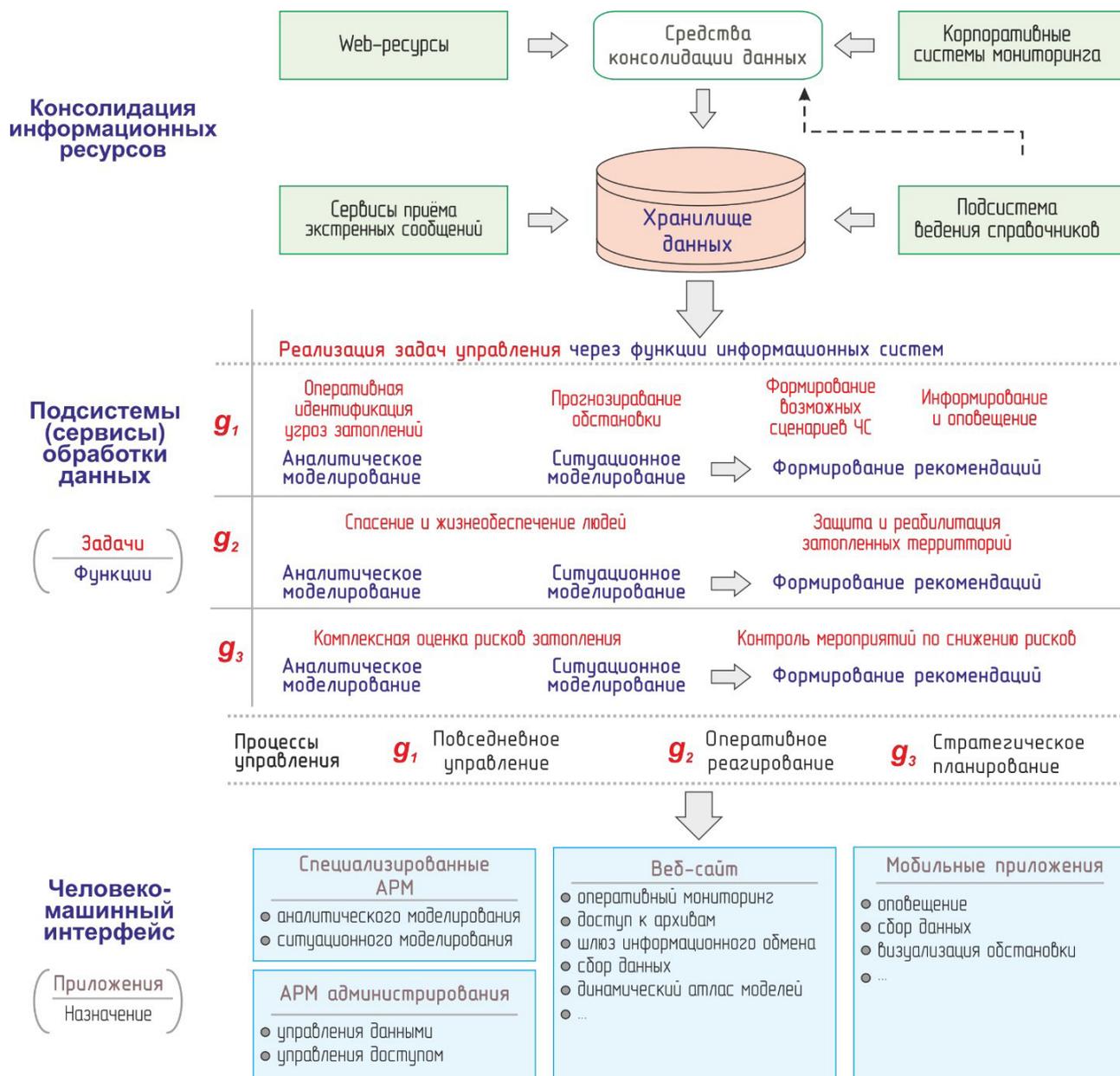


Рис. 3. Архитектура мультисервисной информационно-аналитической системы [Fig. 3. Architecture of a multiservice information and analytical system]

ся ситуации. В процессах g_1 и g_3 когда для принятия решений существует запас времени, результаты аналитической обработки содержат детальные описания событий и объектов с несколькими видами представлений.

Средства веб-администрирования необходимы для настройки и модернизации подсистемы сбора данных, отображения информации на сайте, управления доступом к ресурсам информационно-аналитической системы. По мере развития веб-технологий it_4 возможна реализация через интернет-браузе-

ры функций консолидации, управления и обработки информационных ресурсов, включая работу с источниками данных, создание аналитических и ситуационных моделей, проектирование представлений результатов.

Шлюз позволяет взаимодействовать с другими системами по технологии API. На основе запроса браузера генерируется выборка данных в форматах JSON и XML.

Мобильные приложения разрабатываются на кросс-платформенной основе и реализуют функции сбора данных, отображения

информации мониторинга обстановки и характеристик территории. Одна из главных функций — обмен экстренными сообщениями и оперативными предупреждениями. Для локализации информации используются средства геопозиционирования, для работы с персонифицированными данными — средства шифрования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формализованы задачи территориально-го управления безопасностью. Разработана модель организации информационных ресурсов, позволяющая реализовать аналитическое и ситуационное моделирование для задач управления в паводкоопасных ситуациях.

Создана модель выбора действий позволяющая оценивать эффективность и верифицировать реализацию планов ликвидации ЧС. Модель сокращает время, затрачиваемое на выбор, обоснование, координацию и согласование действий при реагировании на возникновение, развитие, локализацию и ликвидацию последствий ЧС, связанных с затоплением территорий.

Разработана системная архитектура сквозной поддержки процессов управления безопасностью территорий, позволяющая создавать мультисервисные программные комплексы. В отличие от известных архитектуры позволяет определить функционал синтезируемой системы для разных режимов функционирования и разных уровней управления, обосновать выбор программных компонентов и рациональных способов комплексного решения задач управления.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков ЧС. – М. : Феория: Объединённая редакция МЧС, 2011. – 652 с.

2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под общей редакцией С. К. Шойгу. – М. : ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2006 – 619 с.

3. Атлас риска пожаров на территории Российской Федерации. – М. : Феория: Объединённая редакция МЧС, 2011. – 720 с.

4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году». – М. : МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. – 344 с.

5. Бураков, Д. А. О результатах оперативных испытаний методов гидрологических прогнозов на реках Восточной Сибири в период весеннего половодья / Д. А. Бураков, В. Ф. Космакова, И. Н. Гордеев // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов, 2015. – № 42. – С. 50–59.

6. Постановление Правительства РФ от 05.11.1995 № 1113 (ред. от 30.12.2003 №794) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

7. Ничепорчук, В. В. Архитектура территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций / В. В. Ничепорчук, А. И. Ноженков // Информатизация и связь, 2018. – № 2. – С. 35–41.

8. Ничепорчук, В. В. Экспертная ГИС поддержки принятия решений в паводкоопасных ситуациях для территорий Сибирского региона / В. В. Ничепорчук, А. И. Ноженков // Вестник Кемеровского государственного университета, 2012. – № 4/2(52). – С. 97–104.

9. Стручкова, Г. П. Выбор структуры искусственных нейронных сетей для прогнозирования максимального уровня воды во время весеннего половодья на участке реки Лена / Г. П. Стручкова, В. В. Тимофеева, Т. А. Капитонова, Д. Д. Ноговицын // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2020. – № 1. – С. 99–106.

10. Руководство по гидрологическим прогнозам. Выпуск 1. Долгосрочные прогнозы

элементов рек и водохранилищ. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 358 с.

11. Global Forecast System (GFS) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forcast-system-gfs> – (Дата обращения 21.09.2020)

12. Фондовые данные по гидрологии. [Электронный ресурс]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru> – (Дата обращения 21.09.2020)

13. Perry Lea. Internet of Thing for Architects Packt Publishing. Birmingham-Mumbai, 2018 – 454 p.

14. Pete Warden. Big Data Glossary. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, 2011.

15. Christopher Negus, William Henry. Docker Containers. Build and Deploy with Kubernetes, Flannel, Cockpit, and Atomic. – Indiana US: Pearson Education, Inc. 2015 – 319 p.

16. Интеграция информационно-аналитических ресурсов и обработка пространственных данных в задачах управления территориальным развитием / И. В. Бычков [и др.], ИДСТУ СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 369 с.

17. Бабинцев, И. В. Концепция формирования паспортов безопасности территорий

с использованием современных информационных технологий / И. В. Бабинцев, И. В. Некрасов, В. В. Ничепорчук // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2018. – № 3. – С. 17–22.

18. Ариффуллин, Е. З. Математическая модель движения поверхностных вод местного стока / Е. З. Ариффуллин, А. В. Калач, А. А. Чудаков, Е. В. Калач // Технологии гражданской безопасности, 2013. – Т. 10, № 3. – С. 90–94.

19. Система управления спасательными формированиями при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций гидрологического характера: монография / Е. З. Ариффуллин [и др.]; под ред. А.В. Калача. – Воронеж : ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России, СПб. : ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГПС МЧС России, 2018. – 163 с.

20. Калач, А. В. Система управления спасательными формированиями при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций гидрологического характера / А. В. Калач, Д. Г. Зыбин, Е. З. Ариффуллин, Ю. Д. Моторыгин, Ю. Е. Актерский. – Санкт-Петербург; Воронеж, 2018.

Калач Андрей Владимирович — д-р хим. наук, проф., начальник кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну Воронежского института ФСИН России.

E-mail: a_kalach@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8926-3151>

Ничепорчук Валерий Васильевич — канд. тех. наук, старший научный сотрудник отдела прикладной информатики, института вычислительного моделирования СО РАН.

E-mail: valera@icm.krasn.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5365-1307>

Батуро Алексей Николаевич — канд. тех. наук, доцент, заместитель начальника Академии по научной работе, ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия.

E-mail: batur@sbpsa.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0446-2814>

SUPPORT OF MANAGERIAL DECISION-MAKING AIMED AT PROTECTION AGAINST FLOODING

© 2021 A. V. Kalach^{✉1,2}, V. V. Nicheporchuk³, A. N. Batyro⁴

¹Voronezh state technical University

84, 20th anniversary of October Street, 394006 Voronezh, Russian Federation

²Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service

1a, Irkutskaya Street, 394072 Voronezh, Russian Federation

³Institute of computational modeling SB RAS

50/44, Akademgorodok Street, 660036 Krasnoyarsk, Russian Federation

⁴Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Russian Federation EMERCOM of Russia
1, Severnaya Street, 662972 Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory, Russian Federation

Annotation. The article considers the problem of safety management in flood prone regions. It suggests models of decision-making under uncertain conditions and an architecture for information and analytical systems that integrates new digital economy technologies. The article shows that the introduction of new digital economy technologies into the management process helps to organise the effective interaction between the population, rescue units, and authorities at different levels, when preparing for possible floods and mitigating their negative consequences. In our study, we considered the use of end-to-end decision support tools in the management of flood control measures. The article briefly describes the business processes of managing a region's safety. It presents a model of the organisation of information resources and the results of its practical implementation in the Voronezh Region. Since predictive models have different input and output data and processing algorithms, in our study we focused on containerized computing. We designed a universal analytical platform that can solve various problems relating to the safety management of the region and assess the extent of flooding during spring floods and spring breakups, the risk of accidents at hydro-technical utilities, etc. To perform a comprehensive risk assessment, we need to rank the regions by the degree of vulnerability to adverse conditions, and monitor their readiness for emergency responses. The novelty of our approach is that the information resources include not only data tables, reference books, and classifiers, but also information about dangerous processes, their consequences, and ways to mitigate the negative consequences of emergency situations. The article details the ontology of the structural data model, presents formalized descriptions of the simulation results, and describes the information that determines decisions made in a specific situation.

Keywords: end-to-end technologies, flood simulation, decision-making support, protection of regions, flooding, managerial decisions, safety management.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. Atlas of natural and man-made hazards and emergencies risks. Moscow : Theoria: Joint edition of the Ministry of Emergency Situations, 2011. 652 p.
2. Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations in the Russian Federation / edited by S.K. Shoigu. Moscow : CPC "Design. Information. Cartography", 2006. 619 p.

✉ Kalach Andrew V.
e-mail: a_kalach@mail.ru

3. Atlas of fire risks in the territory of the Russian Federation. Moscow : Theoria: Joint edition of the Ministry of Emergency Situations, 2011. 720 p.
4. State report "On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2018". Moscow : EMERCOM of Russia, 2019. 344 p.
5. *Burakov D. A., Kosmakova V. F., Gordeev I. N.* (2015) On the results of operational tests of hydrological forecasting methods on the rivers of Eastern Siberia during the spring flood // Results of testing new and improved technologies, models and methods of hydrometeorological forecasts. No. 42. P. 50–59.
6. Decree of the Government of the Russian Federation of 05.11.1995 No. 1113 (as amended on 30.12.2003 No. 794) "On the unified state system for the prevention and elimination of emergencies."
7. *Nicheporchuk V. V., Nozhenkov A. I.* (2018) The architecture of the territorial system for monitoring emergency situations // Informatization and communication. No 2. P. 35–41.
8. *Nicheporchuk V. V., Nozhenkov A. I.* (2012) Expert GIS for decision support in flood hazardous situations for the territories of the Siberian region // Bulletin of the Kemerovo State University. No. 4/2 (52). P. 97–104.
9. *Struchkova G. P., Timofeeva V. V., Kapitonova T. A., Nogovitsyn D. D.* (2020) The choice of the structure of artificial neural networks for predicting the maximum water level during the spring flood in the Lena River section // Problems of security and emergency situations. No 1. P. 99–106.
10. Guide to Hydrological Forecasts. Issue 1. Long-term forecasts of the elements of rivers and reservoirs. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1989. 358 p.
11. Global Forecast System (GFS) [Electronic resource]. Available at: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs> – (accessed: 21.09.2020)
12. Stock data on hydrology. [Electronic resource]. Available at: <https://gmvo.skniivh.ru> – (accessed: 21.09.2020)
13. *Perry Lea.* (2018) Internet of Thing for Architects Packt Publishing. Birmingham-Mumbai. 454 p.
14. *Pete Warden* (2011) Big Data Glossary. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol.
15. *Christopher Negus, William Henry.* (2015) Docker Containers. Build and Deploy with Kubernetes, Flannel, Cockpit, and Atomic. Indiana US: Pearson Education, Inc. 319 p.
16. *Bychkov I. V. [et al.]* (2011) Integration of information and analytical resources and processing of spatial data in the tasks of territorial development management. IDSTU SB RAS. Novosibirsk : Publishing house of the SB RAS. 369 p.
17. *Babintsev I. V., Nekrasov I. V., Nicheporchuk V. V.* (2018) The concept of formation of safety passports of territories using modern information technologies // Scientific and analytical journal "Siberian Fire and Rescue Bulletin". No. 3. P. 17–22.
18. *Arifullin E. Z., Kalach A. V., Chudakov A. A., Kalach E. V.* (2013) Mathematical model of the movement of surface waters of local runoff // Civil Security Technologies. Vol. 10, No. 3. P. 90–94.
19. *Arifullin E. Z. [et al.]* (2018) Management system of rescue teams in the event of a threat of emergencies of a hydrological nature: monograph; ed. A.V. Kalacha. Voronezh : FKOVO Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, St. Petersburg : Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint-Petersburg State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 163 p.
20. *Kalach A. V., Zybin D. G., Arifullin E. Z., Motorygin Yu. D., Aktersky Yu. E.* (2018) The management system of rescue formations under the threat of emergency situations of a hydrological nature. Saint Petersburg; Voronezh.

А. В. Калач, В. В. Ничепорчук, А. Н. Бату́ро

Kalach Andrew V. — DSc in Chemistry, Professor, Head of the Department of Information Security and Protection of State Secrets, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service.

E-mail: a_kalach@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8926-3151>

Nicheporchuk Valery V. — PhD in Technical Sciences, senior researcher, Department of Applied Computer Science, Institute of Computational Modeling SB RAS.

E-mail: valera@icm.krasn.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5365-1307>

Batyro Alexey N. — PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia.

E-mail: batur@sicpsa.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0446-2814>