

УДК 502.504

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В ЦЕЛЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

© 2025 А.В. Тюрин¹, С.З. Калаева², Э.С. Цховребов³, А.В. Маркелов²

¹ ООО ГК «Стратегия», г. Москва, Россия

² Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия

³ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), г. Москва, Россия

Статья поступила в редакцию 09.01.2025

Аннотация. Актуальность исследования предопределена нерешенными проблемами организации эффективных систем мониторинга, оперативного оповещения о наступлении паводков и подтоплений территорий, предупреждения неблагоприятных последствий опасных гидрологических явлений в Ярославской области, негативно влияющих на безопасность жизнедеятельности населения, устойчивость жизнеобеспечения территорий, промышленной, транспортной, социальной, энергетической и иной инфраструктуры. Целью исследования явилось выработка и обоснование технологии совершенствования системы мониторинга и оповещения о гидрологической опасности. Объектом исследования выступили неблагоприятные гидрологические явления: паводки, наводнения и подтопления территорий. В качестве предмета исследования выступил процесс мониторинга и оповещения об опасных гидрологических явлениях. Результаты исследования, на основе данных о проведенных испытаниях и апробации в регионах нашей страны, показали эффективность применения новой системы паводковой сигнализации. Ценность представленных научно-практических разработок заключается в создании новой информационно-технической системы раннего обнаружения быстроразвивающихся паводковых процессов, способствующей мерам оперативного реагирования на них, а также по предотвращению и снижению уровня опасности гидрологических явлений, вызывающих чрезвычайные ситуации природного характера с образованием неблагоприятных и катастрофических последствий для населения, природной среды и объектов экономики.

Ключевые слова: экологическая безопасность, мониторинг, опасные гидрологические явления, чрезвычайные ситуации, паводки, подтопления, оповещение об опасности, информационно-техническая система.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-1-176-184

EDN: WDDYHJ

ВВЕДЕНИЕ

Чрезвычайные ситуации природного характера, обусловленные опасными гидрологическими явлениями: наводнениями, паводками по своим негативным последствиям занимают второе место в мире после землетрясений. В результате в зоне наводнений и подтоплений оказываются десятки тысяч населенных пунктов, включая города, значительные площади сельскохозяйственных угодий. Наносится непоправимый ущерб водным, земельным, биологическим ресурсам, почвенному слою, а, главное, жизнедеятельности людей.

Формирование гидрологических прогнозов паводков и наводнений осуществляется, в основном, по данным гидрологических постов с применением расчетных гидрологических моделей. Оперативные данные паводковой обстановки собираются и обрабатываются в период паводковой опасности один раз в сутки. В силу обширности территории нашей страны и большой протяженности рек и их бассейнов для мониторинга опасных гидрологических явлений используются данные дистанционного зондирования Земли из космоса с космических аппаратов. Анализ обобщения многолетнего опыта и результатов проведения мониторинга природных чрезвычайных ситуаций,

Тюрин Александр Владимирович, соискатель, генеральный директор. E-mail: avtyurin@gk-strategy.ru

Калаева Сахиба Зияддиновна (Зияддин Кзы), доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Охрана труда и природы». E-mail: kalaeva@ystu.ru

Цховребов Эдуард Станиславович, кандидат экономических наук, доцент. E-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

Маркелов Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент кафедры «Инфраструктура и транспорт». E-mail: markelovav@ystu.ru

вызванных гидрологической опасностью по информации, полученной в результате дистанционного зондирования Земли из космоса, с учетом информации гидрологических постов об уровнях и расходах воды, свидетельствует об отсутствии универсальных методик и моделей. Это касается процессов мониторинга, сбора и обработки информации, оперативного оповещения о наступлении опасных гидрологических явлений, последующего реагирования на них, прогнозирования подобного рода чрезвычайных ситуаций, их неблагоприятных последствий для населения, природной среды, объектов экономики.

Для полноценного описания данных мониторинга и прогнозирования развития паводков и наводнений с целью организации последующего оперативного реагирования требуется осуществлять полноценный всесторонний и детальный анализ аэросиноптической информации, получаемой от сети станций и гидропостов, данных метеорологических спутников, иных технических средств мониторинга. В силу большого объема поступающей информации, неоднородности, противоречивости, порой недостоверности данных, оперативные службы не всегда имеют реальную картину происходящих опасных гидрологических событий и явлений.

Проблему предупреждения и минимизации опасных последствий паводков определяют и такие факторы как недостаточность, не оптимальность расположения и функционирования постов мониторинга на водных объектах, не совершенствующаяся в полной мере система оперативного сбора и передачи данных о возникновении и развитии опасных паводковых процессов, не организованный полноценный информационный обмен, неэффективность межведомственного, межсубъектного взаимодействия в этой сфере.

Эффективно налаженный системный процесс мониторинга паводковой обстановки, информационного обмена, оповещения об опасности является критически важной задачей для своевременного реагирования на изменения уровня воды в водных объектах, предотвращения и снижения ущерба населению, природной среде и экономике страны от прохождения опасных гидрологических явлений и событий.

Цифровизация процесса мониторинга и своевременного оповещения об опасных гидрологических явлениях не только упрощает работу специально уполномоченным государственным органам, учреждениям и организациям, но и повышает репутацию служб региона, доверие населения к ним. Развертывание мобильной информационно-технической системы паводковых сигнализаторов призвано обеспечить такие качественные результаты как своевременное предупреждение неблагоприятных последствий чрезвычайных ситуаций природного характера, повышение надёжности, оперативности систем мониторинга и оповещения об опасных гидрологических процессах, качества прогнозной информации, уровень безопасности жизнедеятельности населения, достижение экологической безопасности территорий нашей страны.

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

В целях обеспечения безопасности и защиты населения и территорий при возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с паводками и наводнениями, ООО ГК «Стратегия» при информационно-методической поддержке ВНИИ ГОЧС (ФЦ) разработано уникальное информационно-техническое решение в целях раннего обнаружения быстроразвивающихся опасных гидрологических явлений. В ряде регионов в 2022-2024 гг. проведены опытные исследования, испытания, апробация и адаптация новой системы для раннего обнаружения, информирования и оповещения о быстроразвивающихся опасных паводковых процессах.

Полученные результаты коррелируются с научными подходами, направлениями и результатами исследований по вопросам создания систем мониторинга опасных гидрологических явлений, раннего оповещения быстроразвивающихся паводковых процессов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для проведения исследований послужили собственные многолетние результаты исследований, а также труды ученых и специалистов, опубликованные результаты научно-исследовательских работ в области мониторинга и прогнозирования опасных гидрологических явлений, [1-5], экологической безопасности, охраны водных ресурсов, анализа и оценки неблагоприятных последствий опасных явлений, событий и процессов для окружающей среды и населения [6-10], проблем анализа риска природных чрезвычайных ситуаций [10-15], технических средств наблюдений, дистанционного зондирования опасных природных процессов [16-20].

Методы исследования базируются на системном анализе различных событий, факторов, процессов, причинно-следственных связей в области изучения предмета, объекта и контекста научного исследования, численных исследованиях по результатам проведенных экспериментов с получением

ем данных от мобильных паводковых сигнализаторов, оценке собранной информации, сравнительном и сопоставительном анализе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В дополнение к периодически предоставляемым подразделениями Росгидромета суточным сводкам и прогнозам, данным со стационарных гидропостов, разработанная информационно-техническая система раннего обнаружения опасных гидрологических явлений - паводковая сигнализация СТ-КИМГ.СП в режиме реального времени позволяет обнаруживать, визуализировать и предоставлять голосовое оповещение службам спасения о наступлении опасного события и развития ситуации. Проект системы сигнализации паводков реализуем на автономных паводковых сигнализаторах, размещаемых на берегах малых рек, ручьев, на гидротехнических сооружениях, в зонах возможных подтоплений населенных пунктов, объектов различной инфраструктуры.

Автономный компактный датчик СТ-КИМГ.СП оборудован аккумулятором и имеет автономную подзарядку от солнечной батареи. Датчик может обнаруживать изменение уровня воды в следующих типах водоемов: проточные (река, канал, водохранилище, море), замкнутые (озеро, пруд), полуоткрытые (бухты, заливы). Датчик может крепиться: на опорах на берегу водоема, на опорах моста водоема, на опорах ледоломов с тыльной стороны водоема, на бетонных стенах берегов каналов водоема. Подвес датчика и отсчет первой отметки осуществляется по специальной метке на датчике. Для точного определения сигнализации уровня воды по уровню балтийской системы высот (БСВ) необходимы топографические карты данного региона с отметками высот рельефа местности. Пост на мачте устанавливается в местах опасных направлений разливов паводковых вод. Результаты измерений через мобильный Интернет передаются на сервер.

Система сигнализации паводков в режиме реального времени отслеживает и моментально (в течение 1 минуты) обнаруживает ЧС, давая время предупредить проблему и запас времени на принятие решений. 24/7 данные о ситуации доступны в оперативной электронной карте в веб-приложении дежурному персоналу для реагирования. В формате раннего оповещения об опасных уровнях затоплений система осуществляет обзвон телефонов с рассылкой СМС уведомлений по спискам государственных и муниципальных органов, хозяйствующих субъектов, проживающего населения в зоне прохождения паводков и половодья. Предусмотрена возможность интеграции с системами - 112 и АПК Безопасный город.

Программное обеспечение реализует формирование списка адресатов для автоматического обзвона и отправку тревожных сообщений через различные каналы, включая системы коротких текстовых сообщений (СМС) и сообщений в мессенджер «Telegram». Данная система предусматривает долговременное хранение архивных данных на срок не менее трёх лет с возможностью дальнейшей архивации более ранних показателей, что создаёт предпосылки для углублённого анализа и повышения точности долгосрочного прогнозирования опасных паводковых ситуаций, наводнений и подтоплений территорий.

Сигнализатор формирует диагностические и тревожные сообщения в коммуникационные пакеты и передает на сервер сбора по каналу GSM связи. Он также посылает сигнал оповещения в зависимости от срабатывания отметок на датчике. Модуль оповещения формирует сообщения на сервере в зависимости от поступившего сигнала и направляет его по каналам оповещения. Список доставки оповещения каждого абонента настроен согласно схеме: отображение цветографических меток на ситуационной карте - отображение архивных графиков на портале - голосовой дозвон - рассылка СМС сообщений. Цвет маркировки опасности в зависимости от категории гидрологического явления установлен и иллюстрирован в таблице 1.

Функциональная структура разработанной информационно-технической системы представлена на рис. 1.

В ходе исследования проанализированы проблемы и недостатки действующих систем мониторинга и оповещения о: паводках, наводнениях, половодьях. Результаты сравнительного и сопоставительного анализа аналогичных отечественных и зарубежных систем приведены в систематизированном виде в таблице 2.

Потребительские качества предлагаемого инновационного решения – информационно-технической системы паводковой сигнализации СТ-КИМГ.СП, характеризуются следующими ключевыми конкурентными преимуществами по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами:

1. Многоуровневая система наблюдения и фиксации данных: Комплексное применение трёх различных методов мониторинга (ультразвуковой, радарный и гидростатический) обеспечивает многосторонний и достоверный контроль уровня воды. В отличие от традиционных методов наблюдения, в СТ-КИМГ.СП данные сенсоры играют роль информационных модулей, тогда как основной функцией сигнализации уровня наделён кондуктометрический датчик, срабатывающий исклю-

Таблица 1 – Цветовая маркировка категории опасности гидрологического явления
Table 1 – Color marking of the hazard category of a hydrological phenomenon

Отметка	Категория опасности	Цвет маркировка опасности	Уровень подъема вод по БСВ
1	Предупреждение	Желтый	В зависимости от места установки
2	Опасно	Оранжевый	В зависимости от места установки
3	Очень опасно	Красный	В зависимости от места установки
4	Неисправность	Синий	
5	Нет связи	Серый	

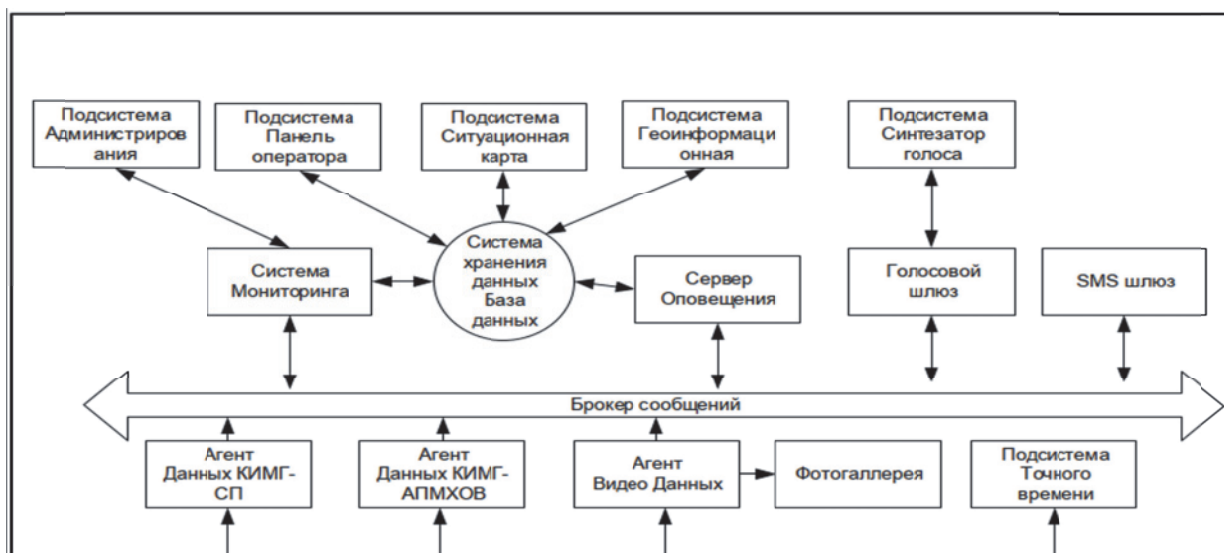


Рисунок 1 – Функциональная структура разработанной системы

Fig. 1 - Functional structure of the developed system

чительно при контакте с жидкой водой. Это позволяет значительно сократить количество ложных тревог, которые возникают в результате природных явлений, таких как рост растительности вокруг гидропостов или иных помех, затрудняющих работу традиционных датчиков.

2. Минимизация эксплуатационных затрат: кондуктометрические датчики, в отличие от традиционных поплавковых сигнализационных устройств, не требуют частого технического обслуживания, что сокращает эксплуатационные расходы и трудозатраты.

3. Соответствие нормативным требованиям: расположение датчиков обеспечивается в соответствии с тремя нормативно-установленными уровнями: ноль поста, неблагоприятное явление, опасное явление. Структурированная сигнализация уровней опасности позволяет упрощать процессы работы аварийно-спасательных служб и повышает оперативность их реагирования на угрозы и происшествия, связанные с опасными гидрологическими явлениями.

4. Автономность функционирования в труднодоступных районах. Конструкция и программное обеспечение системы адаптировано для автономного функционирования даже при минимальных уровнях связи, что позволяет устанавливать посты мониторинга в удалённых и труднодоступных районах, где зачастую отсутствует электроснабжение. Это снижает временные и финансовые затраты на подведение электропитания.

5. Энергоэффективность и повышенная частота мониторинга: Автономное энергоснабжение за счёт использования солнечных панелей, в отличие от использования только батареи, позволяет значительно увеличить частоту замеров и передачу данных без необходимости увеличения частоты обслуживания оборудования, что особенно важно в условиях резкого подъёма уровня воды и для своевременного принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации природного характера.

6. Интеграция модуля ГЛОНАСС для обеспечения синхронизации и безопасности: Система дополнительно оснащена модулем ГЛОНАСС, обеспечивающим точную внутреннюю синхронизацию времени получения данных, исключающую разрывы в случае временного отсутствия связи, а также позволяющим определить местоположение устройства в случае его кражи или утери.

7. Упрощённое регулирование и отсутствие необходимости лицензирования: Поскольку СТ-КИМГ.СП классифицируется как система сигнализации, а не гидрометеорологический пост наблю-

Таблица 2 – Технологические и экономические недостатки действующих систем мониторинга и оповещения об опасных гидрологических явлениях
Table 2 – Technological and economic disadvantages of existing monitoring and notification systems for dangerous hydrological phenomena

Технологические недостатки действующих систем	Экономические недостатки действующих систем
OTT HydroSystems	
Сложность настройки и интеграции: Оборудование и программное обеспечение требует значительных усилий по настройке и интеграции в существующие системы. Высокие требования к обслуживанию: Оборудование требует регулярного технического обслуживания для поддержания точности измерений. Чувствительность к помехам от растительности	Высокая начальная стоимость: В сравнении с некоторыми конкурентами, начальные инвестиции в системы могут быть выше, особенно для малых проектов: стоимость обслуживания и калибровки; значительные затраты на обслуживание, калибровку и возможное обновление программного обеспечения. Лицензирование программного обеспечения: Некоторые программные решения требуют регулярных лицензионных платежей, что увеличивает общую стоимость владения системой.
ЭМЕРСИТ М35	
1. АГК является стационарным постом, с подключением к сетям электропитания и связи. Как правило, под данные объекты выделяется участок и в ходе эксплуатации пост не перемещается. В случаях выявления недостаточной эффективности в выбранном месте расположения, перенос поста является технологически сложным и затратным мероприятием с общестроительными работами. 2. Размещение на водных объектах классических АГК не обеспечивает полноценного контроля паводков по нескольким причинам. К площадке предъявляются специфические требования по электропитанию, связи и охране. Это ограничивает точки для размещения с ранним обнаружением начала чрезвычайной ситуации. 3. Использование ультразвуковых, радарные, гидростатических сенсоров для непрерывного контроля уровня воды подвержено большому количеству ложных срабатываний. Частой причиной ложных сработок является быстрорастущая обильная растительность (ивы, камыш). Ошибки могут также вызывать штормовые погодные явления, связанные с высоким уровнем влажности в воздухе при сильном ветре. Поскольку основное назначение АГК непрерывный контроль уровня зеркала воды, использование АГК для мониторинга оперативной паводковой обстановки в моменты ЧС не эффективно.	1. В момент прохождения быстроразвивающихся чрезвычайной ситуации прогнозные модели (применяемые с системой) не обеспечивают точную обстановку затопления урбанизированной территории в связи со сложным гидрологическим характером высот уровня местности. Прямой зависимости уровня воды в точке контроля с уровнем затопления на ключевых объектах без проведения дополнительных дорогостоящих исследований установить невозможно. 2. Для непрерывной работы поста необходимо проведение периодических проверок, связанных с демонтажом / монтажом средств измерений (метеостанция и ультразвуковой радар), с направлением не поверку (15-45 дней с учетом логистики). 3. Для использования результатов измерений, полученных со средств измерений в составе комплекса требуется выполнение условий лицензирования деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях. Получение лицензии и условия соблюдения соответствующих требований недёшево. 4. Выполнение п. 2 влечет за собой необходимость круглогодичного содержания в штате специалистов - гидрометеорологов со стажем, работающих в течение паводкоопасного месяца, для придания легитимности информации, получаемой В автоматическом режиме. 5. Без реализации пп. 2 и 4 не представляется возможным публикация на Интернет-сайте сведений с данных постов: текущие погодные данные и иные.

дения, она не подпадает под регулирование постановления Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 года № 1845 «О лицензировании деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях».

8. Широкие возможности размещения и многофункциональность использования: Разработанная система отличается оптимальным соотношением «цена-функциональность», что обуславливает её эффективное применение как на водных объектах для контроля начала чрезвычайных ситуаций, вызванных опасными гидрологическими явлениями, так и на урбанизированных территориях, что даёт возможность оперативного контроля состояния объектов недвижимости, в условиях развития чрезвычайных ситуаций и их последствий.

9. Эффективный мониторинг социально значимых объектов: Размещение системы вблизи социально значимых объектов, критически важной инфраструктуры и жилых зон обеспечивает своевременное отслеживание ситуаций на контролируемых территориях в период начала и развития природной чрезвычайной ситуации, что способствует оптимальному распределению сил и средств для предотвращения и ликвидации последствий.

10. Гибкость в установке: Конструкция СТ-КИМГ.СП предусматривает оперативное перемещение контрольного поста на новую локацию без существенных временных и финансовых затрат. Такая необходимость может возникнуть в результате изменений гидрографических условий в местах установки, проведения строительно-ремонтных работ на гидротехнических сооружениях и иных факторов.

11. Эксплуатация системы не требует значительных затрат, периодические проверки не обязательны, а калибровка датчиков, как правило, проводится без демонтажа оборудования, непосредственно на месте его установки. Техническое обслуживание производится только один раз в год в штатном режиме, дополнительное обслуживание – после прохождения высокого паводка или половодья.

ВЫВОДЫ

В результате проведённого исследования предложена новая информационно-техническая система мониторинга и раннего оповещения о быстроразвивающихся опасных гидрологических явлениях. Внедрение данной системы позволит существенно снизить угрозы возникновения неблагоприятных последствий, вызванных прохождением паводков и половодий, такие как: подтопление территорий, разрушение инфраструктуры жизнеобеспечения территорий,

В настоящее время пилотные проекты СТ-КИМГ.СП проходят в следующих регионах: ФТ «Сириус»; Севастополь; Карачаево-Черкесская республика. В ходе апробации и адаптации системы особенно значимые научно-практические результаты были показаны на территории города Севастополь, где в 2024 году произошло масштабное затопление впервые за 70 лет. Автоматический контроль был важным элементом предотвращения значительного материального ущерба также и в городе Коломна; оборудование СТ-КИМГ.СП неоднократно показало себя критически важным звеном в сохранении дорожной инфраструктуры (понтонного моста), суммарный ремонт которого обошёлся бы в 36 млн руб. Датчик на реке Коломне весной 2021, 2023, 2024 годов обнаруживал внезапный подъём воды на 6 метров за ночь, что обеспечило своевременное разведение наплавного моста, без которого был бы нанесён урон важной транспортной артерии города на 12 млн рублей ежегодно. Автоматическая сигнализация позволяла вовремя развести понтонную переправу и избежать повреждений для важной транспортной артерии города.

В городе Туапсе осуществлено сравнение разработанной системы с датчиками мониторинга ЭМЕРСИТ. Испытания показали, что разработанная новая информационно-техническая система с инновационными датчиками отреагировали на резкий подъём воды на 30 минут раньше, что особенно важно в условиях быстроразвивающихся чрезвычайных ситуаций природного характера, обусловленных опасными гидрологическими явлениями. В Сахалинской области пилотный проект был признан успешным, на данный момент происходит процедура закупки первого этапа развёртывания сети датчиков паводковой сигнализации СТ-КИМГ.СП на весь регион. К концу года в регионе будет действовать 25 систем паводковой сигнализации.

Таким образом, системы типа СТ-КИМГ.СП могут эффективно использоваться для автоматической сигнализации и предупреждения паводков, тогда как гидропосты, использующие только радарные и ультразвуковые датчики, не могут быть столь же надёжными без дополнительных технических мер. Для повышения надёжности работы существующих гидропостов необходимы доработка их конструкции или увеличение частоты обслуживания. При построении ведомственной сети мониторинга новые устройства паводковой сигнализации обойдутся в среднем на 83% дешевле отечественных и зарубежных аналогов.

Потенциальными потребителями предлагаемого инновационного решения, ориентированного на обеспечение комплексной безопасности в условиях угроз паводковых явлений, могут являться:

1. Федеральные и региональные органы государственной власти и управления:

- Минцифры России и региональные власти в рамках реализации проектов АПК «Безопасный город»;
- Минприроды России, региональные министерства, департаменты, управления природопользованию и охране окружающей среды правительств субъектов Российской Федерации;
- МЧС России, а также региональные управления, осуществляющие деятельность в области гражданской обороны (ГО), защиты от чрезвычайных ситуаций (ЧС) и пожарной безопасности (ПБ);
- министерства и департаменты жилищно-коммунального хозяйства на федеральном и региональном уровнях, ответственные за безопасное функционирование объектов коммунальной инфраструктуры.

2. Коммерческий сектор: компании и корпорации, осуществляющие эксплуатацию инфраструктурных объектов, для которых требуется мониторинг состояния и оперативное реагирование на паводковые угрозы; занимающиеся добычей полезных ископаемых, осуществляющие работы открытым способом, в целях предупреждения аварийных ситуаций и контроля состояния производственных площадок, хвостохранилищ и отвалов, мест размещения вскрышных и отработанных пород.

3. Муниципальные структуры и организации. В качестве пилотных площадок рассматриваются организации коммунальной и инженерной инфраструктуры столицы, включая: ГУП «Мосводоканал» для мониторинга водоснабжающих и водоотводных систем; ГУП «Мосводосток» для контроля состояния городской ливневой канализации и предупреждения наводнений в черте города; ФГБУ «Канал имени Москвы» для контроля состояния гидротехнических сооружений и ряд других организаций и учреждений.

Проведенные исследования направлены на формирование межведомственной комплексной системы мониторинга, раннего оповещения и своевременного оперативного реагирования на опасные природные процессы, создающие условия возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера с негативными социально-экономическими, экологическими и иными последствиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабян, А.М. Оперативное прогнозирование наводнений на основе комплексного упреждающего моделирования и интеграции разнородных данных / А.М. Алабян, В.А. Зеленцов, И.Н. Крыленко, С.А. Потрясаев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // Труды СПИИРАН. – 2015. – № 4. – С. 5-33.
2. Авакян, А.Б. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема / А.Б. Авакян, М.Н. Истомина // Вестник РАН. – 2002. Т. 72. – № 12. – С. 1-21.
3. Болгов, М.В. Оценка экстремальных гидрологических характеристик в условиях неопределенности климатических изменений / М.В. Болгов, Е.В. Арефьева // Технологии гражданской безопасности. – 2021. – Т. 18. – № 1(67). – С. 54-59.
4. Раткович, Д.Я. Типы наводнений и пути сокращения наносимых ими ущербов / Д.Я. Раткович, Л.Д. Раткович // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. – № 3. – С. 261-266.
5. Щеглов, А.Н. О методе прогнозирования параметров катастрофических наводнений на неизученных территориях в целях оценки риска чрезвычайных ситуаций / А.Н. Щеглов, К.Ю. Жалнин, И.Ю. Олтян, Е.В. Арефьева, М.В. Болгов, Ю.К. Часнавичюс, Е.Б. Сергеев, Н.Н. Олтян, А.С. Котосонов // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19. – № 3 (73). – С. 78-83.
6. Цховребов, Э.С. Мониторинг влияния антропогенных факторов функционирования городского хозяйства на возникновение наводнений и подтоплений / Э.С. Цховребов, У.Д. Ниязгулов, Е.Б. Сергеев, Ю.В. Прус // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2024. – Т. 14. – № 1(148). – С. 105-118.
7. Цховребов, Э.С. Новый подход к оценке параметров устойчивого развития в формате предотвращенной экологической опасности / Э.С. Цховребов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 3. – С. 50-68.
8. Zholdakova, Z.I. Contemporary trends in harmonization of legal grounds for providing safety of environmental chemical contamination for human health / Z.I. Zholdakova, O.O. Sinitsyna, I.A. Pechnikova, O.N. Savostikova // Health Risk Analysis 2018. No. 2. Pp. 4-13.
9. Gordienko, A. Fuzzy indicators of the forecast of environmental safety taking into account the impact of natural and technosphere factors / A. Gordienko, E. Tshovrebov, B. Boravskiy, F. Niyazgulov // Nature Environment and Pollution Technology. – 2023. – Vol. 22. – No. 4. – Pp. 2215-2221.
10. Ниязгулов, У.Д. Методы мониторинга водных экологических систем и биоресурсов / У.Д. Ниязгулов, Э.С. Цховребов, К.В. Юрьев // Вестник Тувинского государственного университета. – 2014. – № 2. – С. 114-119.
11. Акимов, В.А. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности / В.А. Акимов, И.Ю. Олтян, Е.О. Иванова // Технологии гражданской безопасности. – 2021. – Т. 18. – № 1 (67). – С. 4-7.
12. Ломакин, М.И. Оценка ущерба от чрезвычайной ситуации в условиях неполных данных / М.И. Ломакин, А.В. Докукин, В.Б. Мошков, И.Ю. Олтян, Ю.М. Ниязова // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19. – № 3 (73). – С. 32-36.

13. Oltyan, I.Y. Remote assessment of an integrated emergency risk index. / I.Y. Oltyan, E.V. Arefyeva, A.S. Kotosonov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2020.Sochi, 2020. P. 042053.
14. Akimov, V. Statistical models for forecasting emergency situations of man-caused character / V. Akimov, E. Ivanova, Yu. Shishkov // Reliability: Theory&Applications. 2023. Vol. 18. No. 4(76). Pp. 309-313.
15. Zhou, Y. A New Approach to Ecological Risk Assessment: Simulating Effects of Global Warming on Complex Ecological Networks / Y. Zhou et al. // Unifying Themes in Complex Systems. 2011. Pp. 342-350.
16. Sener, S. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey) / S. Sener, E. Sener, B. Nas, R. Karaguzel // Waste Management. 2010. No. 30. Pp. 2037-2046.
17. Casanova Michelle T., Brock Margaret A. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? // Plant Ecology. 2000. Vol. 147. No. 2. Pp. 237-350.
18. Борщ, С.В. Визуализация гидрологической обстановки в бассейнах крупных рек средствами ГИС-технологий / С.В. Борщ, Т.Е. Самсонов, Ю.А. Симонов, Е.А. Львовская. // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2013. – № 349. – С. 47–62.
19. Щербенко, Е.В. Мониторинг паводковой обстановки по данным ночной тепловой съемки. / Е.В. Щербенко, С.Г. Дорошенко // Технологии гражданской безопасности. – 2004. – № 4. – С. 66-73.
20. Скрипник, Е.Н. Спутниковый мониторинг ледостава, весеннего ледохода и половодья на реках бассейна Северной Двины в 2012 г. / Е.Н. Скрипник // Земля из космоса. – 2012. – № 14. – С. 38-42.
21. Hydro Nets: Leveraging River Structure for Hydrologic Modeling [Электронный ресурс] // URL: <https://ai4earthscience.github.io/iclr-2020-workshop/papers/ai4earth04.pdf> (дата обращения: 20.12.2022).

IMPROVEMENT OF THE MONITORING AND EARLY WARNING SYSTEM FOR HYDROLOGICAL HAZARDS IN ORDER TO PREVENT EMERGENCIES

© 2025 A.V. Tyurin¹, S.Z. Kalaeva², E.S. Tskhovrebov³, A.V. Markelov²

¹ OOO GC “Strategy”, Moscow, Russia

² Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

³ All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defence and Emergencies of the EMERCOM of Russia
(Federal Science and High Technology Center), Moscow, Russia

The relevance of the study is determined by the unresolved problems of organizing effective monitoring systems, prompt notification of the onset of floods and flooding of territories, and prevention of adverse effects of dangerous hydrological phenomena in the Yaroslavl region that negatively affect the safety of the population, the sustainability of life support for territories, industrial, transport, social, energy and other infrastructure. The purpose of the study was to develop and substantiate the technology for improving the monitoring and notification system of hydrological hazards. The object of the study was unfavorable hydrological phenomena: floods, floods and flooding of territories. The subject of the study was the process of monitoring and notification of dangerous hydrological phenomena. The results of the study, based on data on tests and approbation in the regions of our country, have shown the effectiveness of the new flood alarm system. The value of the presented scientific and practical developments lies in the creation of a new information and technical system for early detection of rapidly developing flood processes, contributing to rapid response measures to them, as well as to prevent and reduce the level of danger of hydrological phenomena causing natural emergencies with adverse and catastrophic consequences for the population, the environment and economic facilities.

Keywords: environmental safety, monitoring, dangerous hydrological phenomena, emergencies, floods, flooding, danger notification, information technology system.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-1-176-184

EDN: WDDYHJ

REFERENCES

1. Alabyan, A.M. Operativnoe prognozirovanie navodnenij na osnove kompleksnogo uprezhdayushchego modelirovaniya i integracii raznorodnyh dannyh / A.M. Alabyan, V.A. Zelencov, I.N. Krylenko, S.A. Potryasaev, B.V. Sokolov, R.M. Yusupov // Trudy SPIIRAN. – 2015. – № 4. – С. 5-33.
2. Avakyan, A.B. Navodneniya kak global'naya mnogoaspektnaya problema / A.B. Avakyan, M.N. Istomina // Vestnik RAN. – 2002. T. 72. – № 12. – С. 1-21.
3. Bolgov, M.V. Ocenka ekstremal'nyh gidrologicheskikh harakteristik v usloviyah neopredelennosti klimaticheskikh izmenenij / M.V. Bolgov, E.V. Aref'eva // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2021. – T. 18. – № 1(67). – С. 54–59.
4. Ratkovich, D.Ya. Tipy navodnenij i puti sokrashcheniya nanosimyh imi ushcherbov / D.Ya. Ratkovich, L.D. Ratkovich // Vodnye resursy. – 2000. – T. 27. – № 3. – С. 261-266.
5. Shcheglov, A.N. O metode prognozirovaniya parametrov katastroficheskikh navodnenij na neizuchennyh territoriyah v celyah ocenki riska chrezvychajnyh situacij / A.N. Shcheglov, K.Yu. Zhalnin, I.Yu. Oltyan, E.V. Aref'eva, M.V.

- Bolgov, Yu.K. Chyasnavichyus, E.B. Sergeev, N.N. Oltyan, A.S. Kotosonov // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. – 2022. – Т. 19. – № 3 (73). – С. 78-83.
6. *Ckhovrebov, E.S.* Monitoring vliyaniya antropogennykh faktorov funkcionirovaniya gorodskogo hozyajstva na vozniknovenie navodnenij i podtoplenij / E.S. Ckhovrebov, U.D. Niyazgulov, E.B. Sergeev, Yu.V. Prus // *Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. – 2024. – Т. 14. – № 1(148). – С.105-118.
 7. *Ckhovrebov, E.S.* Novyj podhod k ocenke parametrov ustojchivogo razvitiya v formate predotvrashchennoj ekologicheskoy opasnosti / E.S. Ckhovrebov // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. – 2023. – № 3. – С. 50-68.
 8. *Zholdakova, Z.I.* Contemporary trends in harmonization of legal grounds for providing safety of environmental chemical contamination for human health / Z.I. Zholdakova, O.O. Sinitsyna, I.A. Pechnikova, O.N. Savostikova // *Health Risk Analysis* 2018. No. 2. Rr. 4–13.
 9. *Gordienko, A.* Fuzzy indicators of the forecast of environmental safety taking into account the impact of natural and technosphere factors / A. Gordienko, E. Tshovrebov, B. Boravskiy, F. Niyazgulov // *Nature Environment and Pollution Technology*. – 2023. – Vol. 22. – No. 4. – Pp. 2215-2221.
 10. *Niyazgulov, U.D.* Metody monitoringa vodnykh ekologicheskikh sistem i bioresursov / U.D. Niyazgulov, E.S. Ckhovrebov, K.V. Yur'ev // *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2014. – № 2. – С. 114-119.
 11. *Akimov V.A.* Metodika ranzhirovaniya chrezvychajnykh situacij prirodnogo, tekhnogennogo i biologo-social'nogo haraktera po stepeni ih katastrofichnosti / V.A. Akimov, I.Yu. Oltyan, E.O. Ivanova // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. – 2021. – Т. 18. – № 1 (67). – С. 4-7.
 12. *Lomakin, M.I.* Ocenka ushcherba ot chrezvychajnoj situacii v usloviyah nepolnykh dannyh / M.I. Lomakin, A.V. Dokukin, V.B. Moshkov, I.Yu. Oltyan, Yu.M. Niyazova // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. – 2022. – Т. 19. – № 3 (73). – С. 32-36.
 13. *Oltyan, I.Y.* Remote assessment of an integrated emergency risk index. / I.Y. Oltyan, E.V. Arefyeva, A.S. Kotosonov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2020.Sochi*, 2020. R. 042053.
 14. *Akimov, V.* Statistical models for forecasting emergency situations of man-caused character / V. Akimov, E. Ivanova, Yu. Shishkov // *Reliability: Theory&Applications*. 2023. Vol. 18. No. 4(76). Pr. 309-313.
 15. *Zhou, Y.* A New Approach to Ecological Risk Assessment: Simulating Effects of Global Warming on Complex Ecological Networks / Y. Zhou et al. // *Unifying Themes in Complex Systems*. 2011. Pp. 342-350.
 16. *Sener, S.* Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey) / S. Sener, E. Sener, B. Nas, R. Karaguzel // *Waste Management*. 2010. No. 30. Rp. 2037-2046.
 17. *Casanova Michelle T., Brock Margaret A.* How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? // *Plant Ecology*. 2000. Vol. 147. No. 2. Rp. 237-350.
 18. *Borshch, S.V.* Vizualizaciya gidrologicheskoy obstanovki v bassejnakh krupnykh rek sredstvami GIS-tekhnologij / S.V. Borshch, T.E. Samsonov, Yu.A. Simonov, E.A. L'vovskaya. // *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra Rossijskoj Federacii*. – 2013. – № 349. – С. 47-62.
 19. *Shcherbenko, E.V.* Monitoring pavodkovoj obstanovki po dannym nochnoj teplovoj s'emki. / E.V. Shcherbenko, S.G. Doroshenko // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. – 2004. – № 4. – С. 66-73.
 20. *Skipnik, E.N.* Sputnikovyj monitoring ledostava, vesennego ledohoda i polovod'ya na rekah bassejna Severnoj Dviny v 2012 g. / E.N. Skipnik // *Zemlya iz kosmosa*. – 2012. – № 14. – С. 38-42.
 21. *Hydro Nets: Leveraging River Structure for Hydrologic Modeling*[Elektronnyj resurs]//URL: <https://ai4earthscience.github.io/iclr-2020-workshop/papers/ai4earth04.pdf> (data obrashcheniya: 20.12.2022).

Alexander Tyurin, Applicant, General Director. E-mail: avtyurin@gk-strategy.ru

Sahiba Kalaeva, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Labor and Nature Protection. E-mail: kalaeva@ystu.ru

Eduard Tshovrebov, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Senior Researcher at the Research Center «Monitoring and Forecasting of Emergency Situations». E-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

Alexander Markelov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Infrastructure and Transport. E-mail: markelovav@ystu.ru