## Геоэкология

DOI: 10.35634/UdSU.2026.45.29.005

УДК 504.4.054:519.6:627.8

***Колмаков Ю.А., Калаева С.З., Тюрин А.В., Тюрин А.А.***

# СПОСОБЫ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТЫ-СХЕМЫ ПОДТОПЛЕНИЙ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены методы прогнозирования наводнений и способы предотвращения подтоплений в системе управления техносферной безопасностью региона. Проанализированы методы оценки паводковой опасности, в том числе гидрологические, гидродинамические, статистические и географо-гидрометеорологические. Также рассмотрена роль мониторинга гидрологической ситуации и зонных карт подтоплений в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. На основе данных по Ярославской области рассмотрены инженерные и организационные меры по предотвращению подтоплений. Установлено, что для предотвращения наводнений необходимо комплексное и скоординированное применение методов прогнозирования и согласованных действий органов управления, обеспечивающих снижение рисков и минимизацию ущерба от чрезвычайных ситуаций.
***Ключевые слова:*** прогнозирование наводнений, подтопление, техносферная безопасность, гидродинамическое моделирование, паводки, управление рисками.

*Для цитирования*: Способы составления карты-схемы подтоплений Ярославской области и инструменты для сбора данных при прогнозировании опасных гидрологических явлений / Ю.А. Колмаков, С.З. Калаева, А.В. Тюрин, А.А. Тюрин // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т. 9. Вып.2. С. 328–345. DOI: 10.35634/UdSU.2026.45.29.005.

## Введение

Прогнозирование наводнений – это комплексный процесс, включающий сбор, обработку и анализ разнородных данных (спутниковых, метеорологических, гидрологических), моделирование гидрологических

процессов и оценку рисков затопления территорий. Его цель – предоставить своевременную и точную информацию для минимизации ущерба от наводнений [1]. Своевременная оценка вероятности и масштабов затоплений позволяет снизить социально-экономические потери, защитить людей и повысить стабильность работы объектов техносферы. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднегодовому материальному ущербу наводнения на территории Российской Федерации занимают первое место среди стихийных бедствий, а по количеству человеческих жертв и удельному материальному ущербу (ущербу, приходящемуся на единицу пораженной площади) – второе место после землетрясений. [2] Согласно данным ООН за период с 1963 по 1992 год, наводнения стали причиной наибольшего числа крупных природных бедствий: зафиксировано около 202 событий с гибелью или затоплением более 100 человек каждое; тропические бури и эпидемии занимают 2-е и 3-е места соответственно.[3]

С изменением климата ущербы от наводнений в России увеличатся. При этом связь между ростом температуры и ущербами нелинейная: рост температуры на каждый 1 °С приводит к увеличению содержания влаги в атмосфере на 7 %, что способствует росту пиковых осадков, а следовательно, кратному росту повторяемости наиболее крупных наводнений и, соответственно, ущербов от них. [4] За последние десятилетия на территории Ярославской области наблюдается потепление климата: январская температура поднялась на 2–3 °С, июльская – на 1–2 °С, ожидается увеличение температуры воздуха на 5,9 °С, осадков – на 12 %, годового стока – на 2 %, средней продолжительности присутствия циклонов зимой – на 25 дней и средней площади циклонов зимой – на 30 км$^2$. [5]

Материалами для проведения исследований послужили труды ученых и специалистов, опубликованные результаты научно-исследовательских работ

в области мониторинга и прогнозирования опасных гидрологических явлений [6-11].

**Методы прогнозирования наводнений**

Прогнозирование опасных гидрологических явлений на территории России производится Агентством по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций МЧС России. Прогноз осуществляется на основании анализа водохозяйственной обстановки, проведенного подразделениями Росгидромета, Минприроды России и МЧС России.[12]

Основными задачами системы мониторинга и прогнозирования паводковой обстановки на территории субъектов РФ являются: оперативный сбор, обработка и представление в органы исполнительной власти субъектов РФ информации о потенциальных источниках гидрологических явлений; создание и поддержание банка статистических данных по чрезвычайным ситуациям; прогнозирование возникновения, характера развития чрезвычайных ситуаций и их последствий; заблаговременная разработка состава и содержания мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций и смягчению их социально-экономических последствий [13].

Основными методами мониторинга и прогнозирования являются визуальные наблюдения, инструментальные измерения и исследования, а также аналитические расчеты [12].

Для выявления наиболее подверженных затоплениям территорий в настоящем исследовании применён метод статистического анализа данных о подтоплениях за предшествующие годы. Это позволило определить характерные точки, в которых наводнения фиксировались неоднократно. Для последующего инструментального мониторинга в выявленных местах предусматривается установка специализированных устройств контроля уровня воды. Перед выбором конкретного типа прибора проведён сравнительный анализ

существующих технических решений, способных обеспечить эффективное измерение уровня воды в открытых водоёмах и водотоках.

**Виды оборудования для мониторинга уровня воды**

Существуют разнообразные типы датчиков, специально разработанных для сигнализации уровня воды, включая системы оповещения о паводках. Эти датчики играют ключевую роль в раннем предупреждении и минимизации последствий наводнений, ниже приведен анализ имеющихся технологических решений по мониторингу уровня воды.

Для проведения данного исследования был выбран паводковый сигнализатор СТ-КИМГ.СП – комплексное автоматизированное устройство раннего предупреждения о подъёме уровня воды (СТ-КИМГ – торговая марка производителя ООО ГК «Стратегия», СП – модель сигнализатор паводковый). В отличие от простых поплавковых датчиков, прибор сочетает два независимых принципа измерения уровня: кондуктометрический и радарный, что существенно повышает достоверность и надёжность измерений в реальных условиях паводка. Устройство поддерживает три пороговых уровня тревоги: «Ноль поста» (фоновый контрольный уровень), НЯ (Неблагоприятное явление) и ОЯ (Опасное явление), что позволяет выстраивать дифференцированное реагирование служб в зависимости от степени угрозы. Дополнительно сигнализатор оснащён фотокамерой для визуального наблюдения за обстановкой в зоне контроля. Ключевым преимуществом системы является полная автоматизация передачи информации: при срабатывании любого из порогов тревоги данные поступают в диспетчерские центры в течение не более двух минут, что обеспечивает оперативное реагирование на угрозу подтопления [14].

Таблица 1

Обзор типов датчиков уровня воды

| № П/п | Наименование оборудования | Принцип действия | Преимущества | Ограничения | Применение для паводков |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Поплавковые датчики уровня | По мере подъема уровня воды поплавок всплывает, приводя в действие переключатель (часто это геркон или микропереключатель). Замыкание или размыкание цепи переключателем служит сигналом о достижении порогового уровня воды. | Простота конструкции, высокая надежность в простых условиях, доступная цена, для некоторых моделей не требуется внешнее питание. | Механические части подвержены износу, поплавок может заклинить при наличии загрязнений или мусора в воде, требуется физический контакт с водой. | Идеальны для базовой сигнализации критического уровня воды в небольших реках, каналах, дренажных системах, где не требуется высокая точность, но важна надежность и простота. Часто используются как первый рубеж оповещения. |
| 2. | Кондуктометрические датчики уровня | Основаны на электропроводности воды. В воду погружаются электроды. Когда уровень воды поднимается и замыкает электрическую цепь между электродами, датчик срабатывает, сигнализируя о достижении заданного уровня. | Простота конструкции, надежность, невысокая стоимость, отсутствие подвижных частей. | Требуют, чтобы вода обладала достаточной электропроводностью (дистиллированная вода не подойдет). Электроды могут подвергаться коррозии, а загрязнения, оседающие на электродах, могут нарушить контакт. | Подходят для сигнализации затопления подвалов, низин, контроля уровня воды в колодцах и реках с достаточно минерализованной водой. |
| 3. | Оптические датчики уровня | В датчике установлен источник света (инфракрасный светодиод) и приемник (фототранзистор), разделенные призмой или щелью. При погружении призмы (или щели) в воду оптические свойства среды меняются, что регистрируется фототранзистором и интерпретируется как достижение уровня воды. | Компактность, высокая точность, надежность, не зависят от электропроводности воды, устойчивы к коррозии. | Могут быть дороже поплавковых и кондуктометрических, чувствительны к загрязнениям, оседающим на оптических элементах (требуют периодической очистки). | Обеспечивают более точную сигнализацию уровня, особенно в чистых водоемах. Полезны для контроля перелива, раннего предупреждения о повышении уровня воды в системах, где важна точность и надежность. |

*Продолжение табл. 1*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4. | Ультразвуковые датчики уровня | Датчик излучает ультразвуковые волны в направлении поверхности воды и измеряет время, за которое отраженный сигнал возвращается. На основе времени задержки вычисляется расстояние до поверхности воды, и, следовательно, уровень. | Бесконтактное измерение исключает контакт с водой, не зависят от свойств воды (электропроводность, плотность), способны измерять уровень на расстоянии, применимы в загрязненных средах. | Цена выше, чем у простых датчиков. На точность измерений могут влиять температура воздуха, наличие пены на поверхности воды, сильный ветер, а также препятствия на пути ультразвукового сигнала. | Эффективны для мониторинга уровня воды в реках, водохранилищах, каналах на открытом воздухе. Используются в системах раннего предупреждения о паводках на больших территориях, где важен мониторинг в реальном времени и на расстоянии. |
| 5. | Радарные датчики уровня | Аналогичны ультразвуковым, но вместо ультразвука используют радиоволны (радар). Измеряют время прохождения радиоволн до поверхности воды и обратно. | Высочайшая надежность и точность бесконтактного измерения. Не зависят от свойств воды, погодных условий (дождь, туман, снег), обеспечивают большую дальность измерения и высокую точность. | Самые дорогие из перечисленных датчиков, требуют более сложной обработки сигнала и настройки. | Идеальны для профессиональных систем мониторинга паводков в сложных климатических условиях, где требуется максимальная надежность и точность даже в неблагоприятных условиях. |
| 6. | Гидростатические датчики давления | Измеряют давление столба воды на определенной глубине. Давление прямо пропорционально высоте столба воды, что позволяет определить уровень. | Надежность, точность, не зависят от свойств воды, подходят для глубоких водоемов. | Требуют погружения в воду, кабель датчика может быть поврежден, на показания может влиять плотность воды (температура), хотя это обычно незначительно. | Эффективны для мониторинга уровня воды в реках, озерах, колодцах, а также для измерения уровня затопления в низинах. Погружная конструкция делает их устойчивыми к внешним воздействиям. |
| 7. | Емкостные датчики уровня | Используют изменение емкости конденсатора, которое происходит при изменении уровня воды вокруг электрода датчика. Вода, как диэлектрик, влияет на емкость. | Надежность, относительно невысокая стоимость, возможны как контактные, так и бесконтактные варианты. | Чувствительны к изменениям диэлектрической проницаемости воды (зависит от чистоты, температуры), требуют калибровки, точность может быть ниже, чем у оптических или радарных датчиков. | Применяются для сигнализации уровня в резервуарах, каналах, для контроля уровня загрязненных вод (с учетом калибровки). Важно учитывать возможные изменения свойств воды. |



**Рис. 1. Эскиз размещения СТ-КИМГ.СП на водном объекте (слева) и фотография установленного оборудования (справа)**

Стоит отметить, что в мировой практике ученые применяют для изучения и прогнозирования паводков искусственный интеллект [15-17] с целью обработки большого объёма информации, полученной от датчиков, что снимает риск переизбытка информации при увеличении количества датчиков и неспособности оперативно её обрабатывать.

**Экспериментальная часть**

В ходе работы было проведено исследование по выявлению часто подтопляемых мест в Ярославской области для установки специальных датчиков фиксации разлива воды. На данном этапе были разработаны карточки в виде опросных листов, включающие следующие пункты:

1. Пункт с названием ближайшего крупного ориентира, например: 138 км трассы А-224, остановка общественного транспорта "Овощебаза", СНТ (садовое некоммерческое товарищество) "Дачник", деревня Дубки и т. д.;

2. Адресный ориентир — объяснение проезда до точки, например: просёлочная дорога в сторону безымянной реки у ул. Ленина, д. 20а или пересечение трассы А-286 и реки Листвянка;

3. Координаты в Яндекс.Картах (Конструкторе карт);

4. Тип защищаемого объекта, например: жилой массив, школы, больницы, детские сады, мосты, ГТС (гидротехнические сооружения) и т. д. для создания более полной картины;

5. Описание причины подтопления;

6. Фотографии местности, данные по остальным пунктам;

7. Доступность сотовой связи.

По итогам обработки карточек опросного листа производится составление карты наводнений Ярославской области.

Паводок является ежегодно повторяющимся явлением, поэтому прогнозировать данное явление также нужно каждый год. Эта методика существенно облегчит работу службам, ответственным за наблюдение за паводковой обстановкой, ликвидацию последствий затоплений и эвакуацию населения в безопасные места.

На основании выбранного типа датчиков и минимально необходимого перечня требуемой информации разработан принцип формирования карты-схемы точек подтопления.




**Рис.1. Блок-схема формирования карты-схемы точек подтопления**

Авторами статьи для анализа мест подтопления применен вышеописанный алгоритм и собраны сведения о подтоплениях населённых пунктов за 2014 – 2024 годы. Основной период подтоплений – весенний, в период интенсивного снеготаяния. Из 43 точек подтопления повторяются в 5–7 из них.

Анализ подтоплений за последние десять лет показывает, что наиболее уязвимыми являются районы, расположенные в поймах рек и в зонах с нарушенной естественной дренажной системой. Повторяемость подтоплений свидетельствует о системном характере проблемы и необходимости её комплексного решения. На основе полученных данных был составлен проект карты-схемы подтоплений Ярославской области.

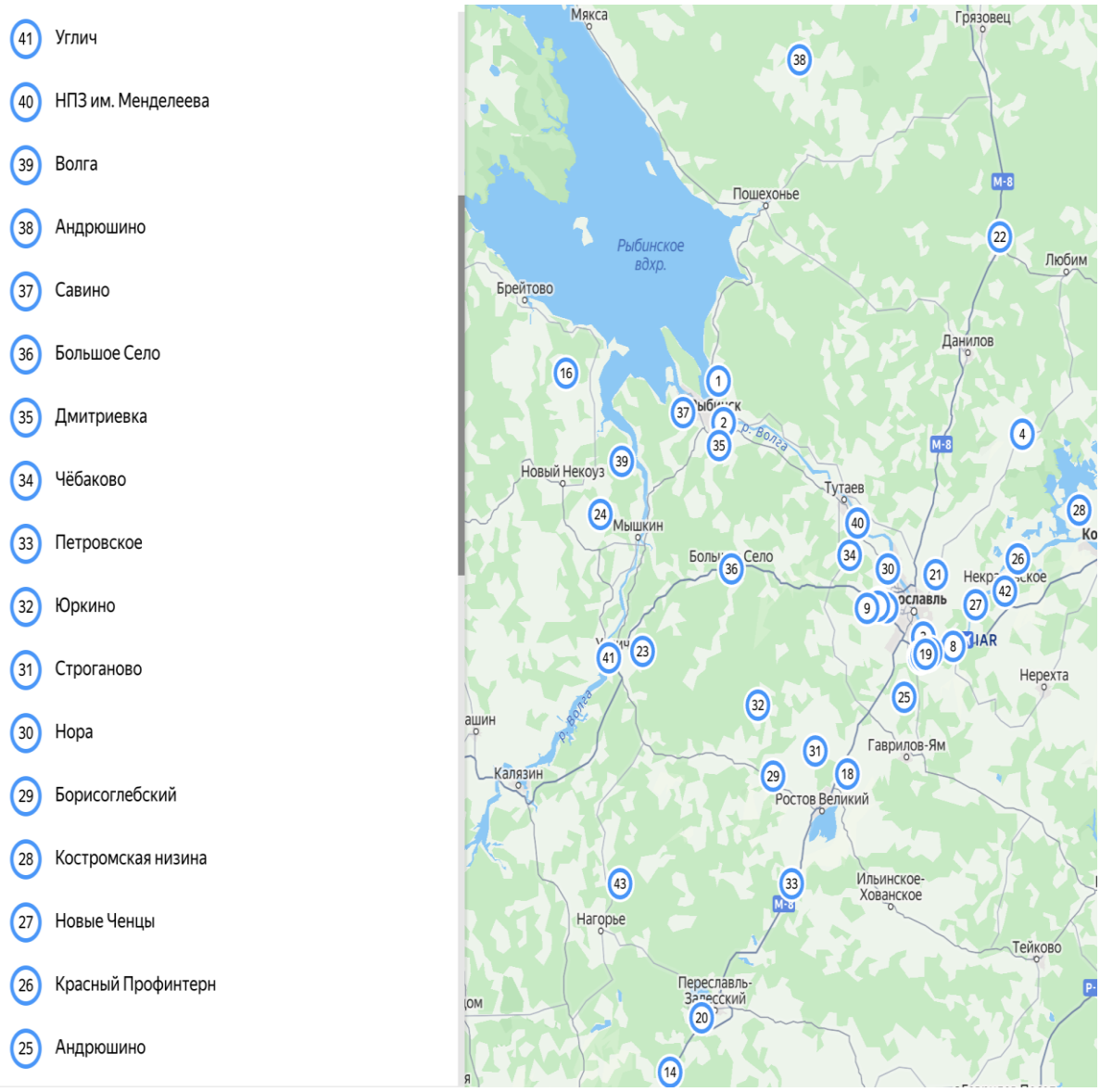



**Рис. 2. Карта-схема подтоплений на территории Ярославской области**

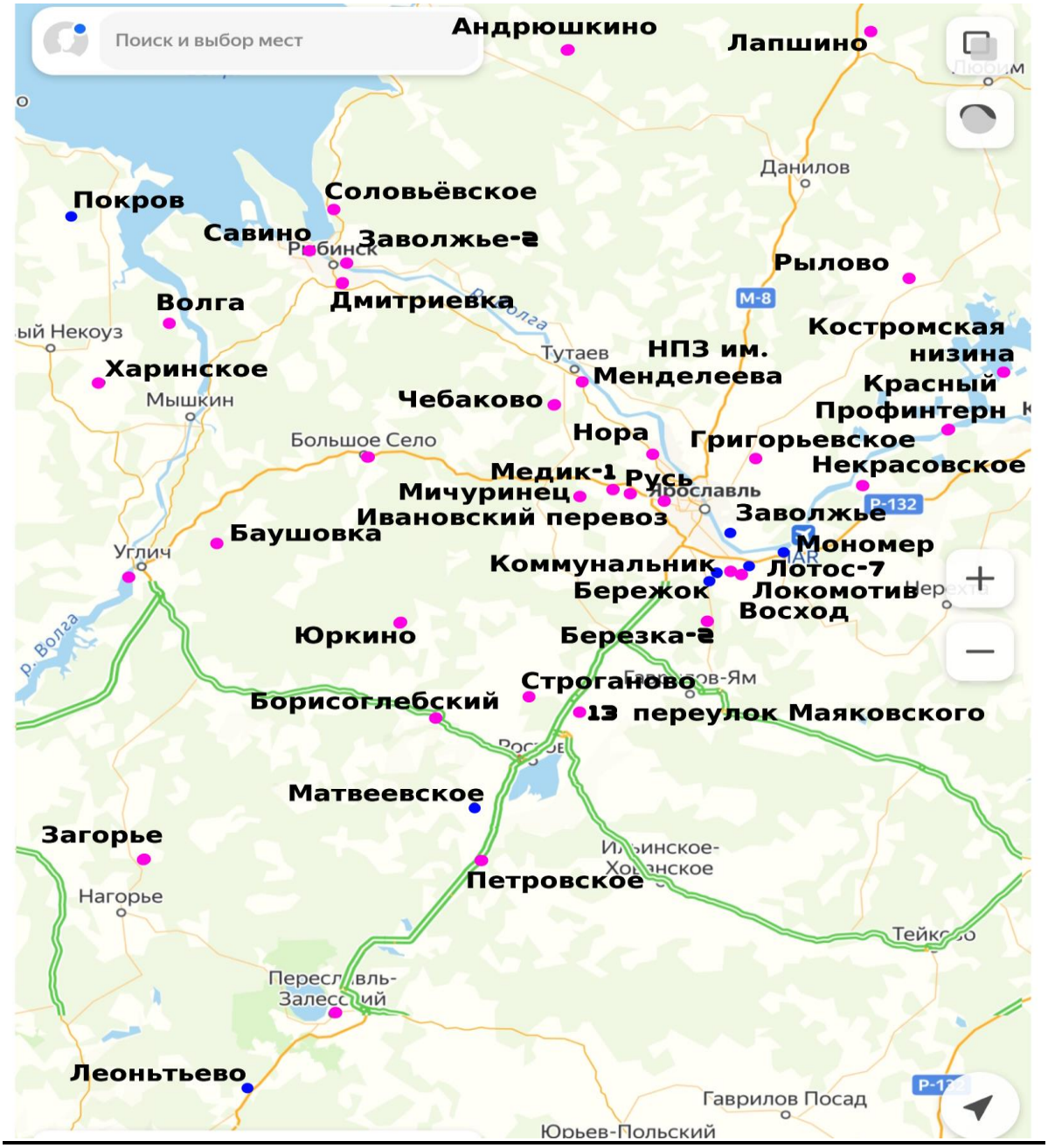



**Рис. 3. Карта-схема повторяемости подтоплений на территории Ярославской области**

Примечание: Синие точки – повторяющиеся подтопления. Розовые точки – однократные подтопления.

## Заключение

Разработка и внедрение интегрированной системы раннего оповещения о наводнениях является многодисциплинарной инженерно-научной задачей,

требующей объединения гидрологии, информационных технологий и строительной инженерии [18].

На основе приведенной в статье информации можно сделать обоснованный вывод о том, что большинство случаев подтопления наблюдается именно у берегов реки Волги, а также в районе ее притоков и рукавов. Это явление имеет множество причин, которые можно разделить на две основные категории: природные и техногенные.

По итогам работы определены зоны подтоплений в Ярославской области, изучены их причины и последствия, выработан принцип подбора характерных точек для составления карты-схемы подтоплений. Полученные результаты служат основой для создания сети паводковых сигнализаторов уровня воды СТ-КИМГ.СП, обеспечивающих круглосуточный оперативный мониторинг паводковой ситуации в Ярославской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимкина Е. А. Современные методы прогнозирования наводнений с использованием спутниковых и метеорологических данных: интеграция процессов, моделей и машинного обучения // Sciences of Europe. 2025. №166. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ (дата обращения: 12.03.2026).
2. Методические рекомендации органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации по применению технических решений для защиты от паводков и наводнений / МЧС России. М: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019 г. 92 с.
3. Авакян А. Б., Истомина М. Н. Природные и антропогенные причины наводнений // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2013. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-i-antropogennye-prichiny-navodneniy (дата обращения: 12.03.2026).
4. Бирюков Е. С., Терентьев Н. Е. К оценке экономического ущерба от наводнений в России и потенциала адаптации // Теория и практика общественного развития. 2024. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-otsenke-ekonomicheskogo-uscherba-ot-navodneniy-v-rossii-i-potentsiala-adaptatsii (дата обращения: 12.03.2026).

5. Климатическая повестка дня сельского хозяйства Ярославской области / Г. А. Фоменко, М. А. Фоменко, А. В. Михайлова, Е. А. Арабова, К. С. Ильина. // Проблемы региональной экологии. 2021. № 6, С. 17 – 32.
6. Совершенствование системы мониторинга и раннего оповещения о гидрологической опасности в целях предупреждения ЧС / А.В.Тюрин, С.З. Калаева, Э.С. Цховребов, А.В. Маркелов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2025. 27(1), С. 176 – 184.
7. 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.
8. Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема // Вестник РАН. 2002. Т. 72. № 12. С. 1 – 21.
9. Болгов М.В., Арефьева Е.В. Оценка экстремальных гидрологических характеристик в условиях неопределенности климатических изменений // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1(67). С. 54–59.
10. Раткович Д.Я., Раткович Л.Д. Типы наводнений и пути сокращения наносимых ими ущербов // Водные ресурсы. 2000. Т. 27. № 3. С. 261 – 266.
11. Илюшов Н.Я. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Прогнозирование последствий наводнений: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. 178 с.
12. Методические рекомендации для органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по организации подготовки к паводкоопасному периоду" (утв. МЧС России 04.12.2014 N 2-4-87-40-14)
13. СТ-КИМГ.СП — сигнализатор уровня воды (паводковый сигнализатор) / ГК «Стратегия». URL: https://gk-strategy.ru/st-kimg-sp-signalizator-urovnja-vody-pavodkovyj-signalizator/ (дата обращения: 19.05.2026).
14. Samadi S. (2022) The convergence of AI, iot, and big data for advancing flood analytics research.
15. University of Oxford. "World's rivers remapped to improve flood modeling." sciencedaily. Sciencedaily, 16 May 2025. www.sciencedaily.com/releases/2025/05/250515131955.htm
16. Шамсутдинова Т.М. Применение нейросетевого моделирования в задачах прогнозирования уровня паводка рек. Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2023. 21(2). С. 39 – 50. Https://doi.org/10.25205/1818-7900-2023-21-2-39-50

17. Козлова Д. Е. Разработка интегрированной системы раннего оповещения о наводнениях на основе сенсорных сетей и гидравлического моделирования // Научный журнал «Наука и мировоззрение». 2025.

Поступила в редакцию: 13.03.2026

**Сведения об авторах**

*Колмаков Юрий Алексеевич*
Аспирант, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», 150023, Московский проспект, г. Ярославль, 88. Россия.
E-mail: kalaevasz@mail.ru

*Калаева Сахиба Зияддин кзы*
д.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Охрана труда и природы», ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» (ЯГТУ), 150023, Ярославская область, г. Ярославль, Московский проспект, д. 88, Россия.
E-mail: kalaevasz@mail.ru

*Тюрин Александр Владимирович*
генеральный директор, ООО ГК «Стратегия», г. Ярославль, 88. Россия.
E-mail: 5428944@mail.ru

*Тюрин Александр Александрович*
соискатель, операционный директор ООО ГК «Стратегия»; 123317, г. Москва, Пресненская набережная, д. 8, стр. 1, оф. 551. Россия.
E-mail: avtyurin@gk-strategy.ru

*Yu. A. Kolmakov, S. Z. Kalaeva, A. V. Tyurin, A. A. Tyurin*

# METHODS OF DRAWING UP MAPS OF FLOODING IN THE YAROSLAVL REGION AND TOOLS FOR COLLECTING DATA IN FORECASTING DANGEROUS HYDROLOGICAL PHENOMENA

**Annotation.** The article discusses flood forecasting methods and ways to prevent flooding in the technosphere safety management system of the region. The methods of flood hazard assessment, including hydrological, hydrodynamic, statistical, and geographical-hydrometeorological methods, are analyzed. The role of monitoring the hydrological situation and zonal maps of flooding in the emergency prevention and response system is also considered. Based on data from the Yaroslavl region, engineering and organizational measures to prevent flooding were considered. It has been established that in order to prevent floods, it is necessary to use integrated and coordinated forecasting methods and coordinated actions of management bodies to reduce risks and minimize damage from emergency situations.
***Keywords:*** flood forecasting, flooding, technosphere safety, hydrodynamic modeling, floods, risk management.

*For citation*: Kolmakov Yu. A., Kalaeva S. Z., Tyurin A. V., Tyurin A. A. [Methods of drawing up maps of flooding in the Yaroslavl region and tools for collecting data in forecasting dangerous hydrological phenomena] *Upravlenie tekhnosferoi,* 2026, vol. 9, issue 2, pp. 328–345. DOI: 10.35634/UdSU.2026.45.29.005. (In Russ.).

## REFERENCES

1. Maksimkina E. A. Sovremennye metody prognozirovaniya navodnenii s ispol'zovaniem sputnikovykh i meteorologicheskikh dannykh: integratsiya protsessov, modelei i mashinnogo obucheniya [Modern flood forecasting methods using satellite and meteorological data: integration of processes, models and machine learning]. *Sciences of Europe* [*Sciences of Europe*]. 2025, no. 166. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/ (Accessed: 12.03.2026). (In Russ.).
2. Metodicheskie rekomendatsii organam ispolnitel'noi vlasti sub"ektov Rossiiskoi Federatsii po primeneniyu tekhnicheskikh reshenii dlya zashchity ot pavodkov i navodnenii [Methodological recommendations to the executive authorities of the subjects of the Russian Federation on the application of technical solutions for protection against floods and floods]. *MCHS Rossii* [*Ministry of Emergency Situations of Russia*]. Moscow: FGBU VNII GOCHS (FTs), 2019, 92 p. (In Russ.).
3. Avakyan A. B., Istomina M. N. Prirodnye i antropogennye prichiny navodnenii [Natural and anthropogenic causes of floods]. *Strategiya grazhdanskoi zashchity: problemy i issledovaniya* [*Strategy of civil protection: problems and research*]. 2013, no.1. Available at:

https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-i-antropogennye-prichiny-navodneniy (Accessed: 12.03.2026). (In Russ.).

4. Biryukov E. S., Terent'ev N. E. K otsenke ehkonomicheskogo ushcherba ot navodnenii v Rossii i potentsiala adaptatsii [Assessment of economic damage from floods in Russia and the potential for adaptation]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [*Theory and practice of social development*]. 2024, no. 11. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/k-otsenke-ekonomicheskogo-uscherba-ot-navodneniy-v-rossii-i-potentsiala-adaptatsii (Accessed: 12.03.2026). (In Russ.).
5. Fomenko G. A., Fomenko M. A., Mikhailova A. V., Arabova E. A., Il'ina K. S. Klimaticheskaya povestka dnya sel'skogo khozyaistva Yaroslavskoi oblasti [The climate agenda of agriculture in the Yaroslavl region]. *Problemy regional'noi ehkologii*. [*Problems of regional ecology*]. 2021, no. 6, pp. 17 – 32. (In Russ.).
6. Tyurin A.V., Kalaeva S.Z., Tskhovrebov Eh.S., Markelov A.V. Sovershenstvovanie sistemy monitoringa i rannego opoveshcheniya o gidrologicheskoi opasnosti v tselyakh preduprezhdeniya CHS [Improving the system of monitoring and early warning of hydrological hazards in order to prevent emergencies Izvestiya] *Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. [*Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*]. 2025, 27(1), pp. 176 – 184. (In Russ.).
7. Alabyan A.M., Zelentsov V.A., Krylenko I.N., Potryasaev S.A., Sokolov B.V., Yusupov R.M. Operativnoe prognozirovanie navodnenii na osnove kompleksnogo uprezhdayushchego modelirovaniya i integratsii raznorodnykh dannykh [Operational forecasting of floods based on complex proactive modeling and integration of heterogeneous data]. *Trudy SPIIRAN* [*Proceedings of SPIIRAN*]. 2015, no. 4, pp. 5 – 33. (In Russ.).
8. Avakyan A.B., Istomina M.N. Navodneniya kak global'naya mnogoaspektnaya problema [Floods as a global multidimensional problem]. *Vestnik RAN* [*Bulletin of the Russian Academy of Sciences*]. 2002, no. 12, vol. 72, pp. 1 – 21. (In Russ.).
9. Bolgov M.V., Aref'eva E.V. Otsenka ehkstremal'nykh gidrologicheskikh kharakteristik v usloviyakh neopredelennosti klimaticheskikh izmenenii [Assessment of extreme hydrological characteristics in conditions of uncertainty of climatic changes]. *Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti* [*Technologies of civil safety*]. 2021, vol. 18, no. 1(67), pp. 54–59. (In Russ.).
10. Ratkovich D.Ya., Ratkovich L.D. Tipy navodnenii i puti sokrashcheniya nanosimykh imi ushcherbov [Types of floods and ways to reduce the damage caused by them]. *Vodnye resursy* [*Water resources*]. 2000, vol. 27, no. 3, pp. 261 – 266. (In Russ.).

11. Ilyushov N.Ya. *Prognozirovanie chrezvychainykh situatsii. Prognozirovanie posledstvii navodnenii: uchebnoe posobie*. [Forecasting emergency situations. Forecasting the effects of floods: a textbook]. Novosibirsk: Publ., NGTU, 2019, 178 p. (In Russ.).
12. *Metodicheskie rekomendatsii dlya organov ispolnitel'noi vlasti sub"ektov Rossiiskoi Federatsii po organizatsii podgotovki k pavodkoopasnomu periodu" (utv. MCHS Rossii 04.12.2014 N 2-4-87-40-14)* [Methodological recommendations for the executive authorities of the subjects of the Russian Federation on the organization of preparations for the flood-prone period" (approved by the Ministry of Emergency Situations of Russia on 04.12.2014 N 2-4-87-40-14)
13. ST-KIMG.SP — signalizator urovnya vody (pavodkovyi signalizator) [St. KIMG.SP — water level alarm (flood alarm)]. *GK «Strategiya»*]. Available at: https://gk-strategy.ru/st-kimg-sp-signalizator-urovnja-vody-pavodkovyj-signalizator/ (Accessed: 19.05.2026). (In Russ.).
14. Samadi S. (2022) The convergence of AI, iot, and big data for advancing flood analytics research.
15. University of Oxford. "World's rivers remapped to improve flood modeling." sciencedaily. Sciencedaily, 16 May 2025. Available at: www.sciencedaily.com/releases/2025/05/250515131955.htm
16. Shamsutdinova T.M. Primenenie neirosetevogo modelirovaniya v zadachakh prognozirovaniya urovnya pavodka rek. [Application of neural network modeling in the tasks of forecasting river flood levels]. *Vestnik NGU. Seriya: Informatsionnye tekhnologii* [*Bulletin of the NSU. Information Technology*.]. 2023, 21(2), pp. 39 – 50. Available at: Https://doi.org/10.25205/1818-7900-2023-21-2-39-50 17. (In Russ.).
17. Kozlova D. E. Razrabotka integrirovannoi sistemy rannego opoveshcheniya o navodneniyakh na osnove sensornykh setei i gidravlicheskogo modelirovaniya [Development of an integrated flood early warning system based on sensor networks and hydraulic modeling]. *Nauchnyi zhurnal «Nauka i mirovozzrenie»* [*Scientific journal "Science and Worldview"*], 2025. (In Russ.).

Received: 13.03.2026

**About the Authors**

*Kolmakov Yuri Alekseevich*
Postgraduate student, Yaroslavl State Technical University, 150023 Moskovsky Prospekt, Yaroslavl, 88. Russia.
E-mail: kolmakovya@ystu.ru

*Kalaeva Sahiba Ziyaddin kzi*
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Labor and Nature Protection, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Technical University»150023, Yaroslavl region, Yaroslavl, Moskovsky Prospekt, 88, Russia.
E-mail: kalaevasz@mail.ru

*Tyurin Alexander Vladimirovich*
General Director, Strategy Group LLC, Yaroslavl, 88. Russia.
E-mail: 5428944@mail.ru

*Tyurin Alexander Alexandrovich*
applicant, Chief Operating Officer, Strategy Group LLC; 123317, Moscow, Presnenskaya Embankment, 8, building 1, office 551. Russia.
E-mail: avtyurin@gk-strategy.ru