

# Прогноз риска затопления городской территории Новосибирска атмосферными осадками\*

Перминова И.А., Болтушкина Т.Н.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

г. Новосибирск, Российская Федерация

[irma\\_perminova@mail.ru](mailto:irma_perminova@mail.ru), [tnb-2012@mail.ru](mailto:tnb-2012@mail.ru)

**Аннотация.** Проблема затопления крупных городов во время дождей – одна из самых “наболевших”. Во время продолжительных и обильных дождей город затапливает настолько, что машины с трудом могут проехать по дороге, а пешеходам пройти по улице, не намочив ноги, практически невозможно. Размыв грунта и асфальтированных дорог, затопление коммуникаций вызывает существенные аварийные ситуации во всех сферах жизни города. В работе проведена оценка рисков затопления атмосферными осадками разных районов города Новосибирска с учетом особенностей рельефа, доли впитывающей поверхности, технических параметров оснащения системы отвода поверхностного стока.

**Ключевые слова:** ливневые осадки, поверхностный городской сток, риск затопления, оценка риска.

## ВВЕДЕНИЕ

Оценка рисков затопления территории очень важна для определения условий строительства новых зданий и анализа существующей застройки районов, так как позволяет определить уровень опасности возможного наводнения и принять меры по снижению этого риска [1-3]. В условиях высокой урбанизации территории Новосибирска такая оценка может помочь выбрать наиболее безопасные зоны для строительства или выявить потенциально опасные участки города, требующие особого внимания специальных эксплуатирующих организаций, а также определить необходимость проведения работ по дренированию, укреплению, созданию зеленой фильтрующей инфраструктурной поверхности, например, парков, газонов, систем коллекторов для избыточных поверхностных стоков. Исследовательская работа в рамках настоящего проекта позволит провести многофакторную оценку риска затопления Новосибирска вследствие избыточных осадков [4].

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из наиболее опасных последствий интенсивного ливня является размыв грунта под зданиями, сооружениями и дорожным полотном, приводящий к обрушениям и авариям в подземных городских хозяйственных коммуникациях, таких как водопровод, теплотрасса, канализация, в том числе ливневая, что путем каскадного взаимодействия приводит к еще более аварийноопасным последствиям. Между тем ни старые, ни действующие на сегодня ГОСТы и СНиПы, регламентирующие со времен СССР проектирование хозяйственных объектов, не соответствуют реальным потребностям минимизации рисков при наводнении [11-17, 21].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной целью настоящего проекта является разработка системы оценки риска затопления территории Новосибирска в период интенсивных ливневых осадков.

Задачи исследования:

- 1) осуществить сбор, обработку и оценку параметров природного и технологического характера;
- 2) выявить закономерности, провести их количественную и картографическую интерпретацию;
- 3) определить границы возможностей прогноза риска затопления в период ливневых осадков;
- 4) выделить параметры, оказывающие максимальное влияние на риски затопления территорий;
- 5) разработать модель системы, обеспечивающей минимизацию рисков затопления;
- 6) разработать программу превентивных мер для защиты, наиболее подверженных риску затопления территорий города Новосибирска вследствие интенсивных ливней.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории города Новосибирска и Новосибирского района ежегодно в июле и августе наблюдаются обильные ливни экстремальной интенсивности с грозами. Причинами их возникновения служат резко континентальный климат с высокой температурой в летнее время и близкое расположение водоема с большим зеркалом испарения – Новосибирского водохранилища, реки Оби вместе с ее крупными притоками. В результате происходит затопление городских территорий в разных частях города и района. Так, например, 5 июля, а затем через месяц, 8 августа 2022 года прошли сильные ливни, приведшие к затоплению и разрушению застройки и коммуникаций. В особенности пострадали, в Калининском районе, территории вблизи ул. Богдана Хмельницкого, 64, в Советском районе – ул. Демакова, 3, ул. Мусы Джалиля, 1, бульвар Молодежи, ул. Героев Труда, 27б, пр. Строителей, 1, ул. Кутателадзе, 4 и 7а, ул. Рубиновая, 4. В целом, анализ архивных метеоданных за период с 2014 года показал, что от летних осадков в первую очередь страдают Первомайский, Советский и Ленинский районы Новосибирска. При этом максимальное количество осадков наблюдалось 11 июля 2023 года и составило 5,6 мм/ч, что соответствует категории умеренный дождь.

Для крупных городов, расположенных вблизи крупных водоемов в жаркий летний период характерны сильные ливни, из-за особенностей застройки и характера покрытий территорий приобретающие признаки экстремальных. Вследствие подобных атмосферных явлений происходят

\* Статья публикуется по рекомендации программного комитета Всероссийской научно-технической конференции "Строительство, архитектура и техносферная безопасность", <https://iccats.org>

наводнения из-за быстрого подъема уровня воды на селитебных территориях. Вторичными последствиями таких явлений является угроза прочности различного рода сооружений в результате размыва и подмыва, подтопление емкостей с канализационным стоком и осложнение санитарно-эпидемиологической обстановки, обрывы и короткие замыкания электрических кабелей с опасностью возникновения пожаров, оползни, обвалы, аварии на транспорте, на жилых и промышленных объектах.

Масштабы последствий зависят от продолжительности стояния опасных уровней воды, скорости потока, площади затопления, сезона, плотности населения и интенсивности жизнедеятельности на определенном участке местности, наличия инфраструктуры по недопущению возникновения предпосылок к подобного рода катаклизмам.

В настоящее время во всем мире активно используются элементы зеленой инфраструктуры, под которой понимается комплекс природных ландшафтов города, состоящих из естественных объектов, таких как парки, городские леса, водные объекты, а также озелененные элементы антропогенного происхождения: дождевые сады, биодренажные канавы, зеленые крыши. Основная функция таких элементов – задержание, очистка и инфильтрация поверхностного стока в черте города, обеспечение естественного гидрологического цикла. Кроме того, они выполняют важные экосистемные и рекреационные функции, являясь частью природного ландшафта города [6-10].

Противоположной и более привычной является серая ливневая инфраструктура – инженерная городская система, состоящая из точек приема сточных вод, сети трубопроводов, коллекторов и станций очистки. Ее основной функцией является быстрый отвод стока с последующим выпуском в природные водные объекты, часто на значительном расстоянии от места выпадения осадков и зоны накопления их избыточного количества. Кроме того, поверхность города не является идеально ровной, присутствуют перепады по высоте, при этом в низинах в условиях полного отсутствия или неработоспособности ливневой канализации скапливается дождевая вода. Бывают участки даже при достаточной доле впитывающей поверхности, характеризующиеся неглубоким залеганием подземных вод. Большое количество осадков в такой зоне может привести к «эффекту ванны», когда водосточная система будет перегружена, как это уже много лет наблюдается в Новосибирске на улице Дачной Заельцовского района, улице Кутателадзе Советского района и площади Труда в Ленинском районе.

Развитие зеленой инфраструктуры можно считать мировым трендом, который также дает значительный экономический эффект. Помимо непосредственной экономии на создании канализационных систем существуют и дополнительные мультипликативные эффекты от зеленой инфраструктуры, которые заключаются в повышении качества атмосферного воздуха, снижении нагрева городских территорий и эффекта городского острова тепла, а также улучшении качества среды за счет внедрения элементов природных ландшафтов в городскую ткань.

Таким образом, проблематика водоотведения поверхностных стоков с городских территорий стала в последние годы важным фактором, как качественной городской среды, так и одним из ключевых условий устойчивого развития городов в период значительных климатических изменений.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В основу предлагаемого метода оценки риска затопления селитебных территорий Новосибирска положены традиционные методические подходы. В настоящей работе риск включает факторы опасности и уязвимости, тогда как большинство авторов исходит из понятия риска как произведения двух переменных: вероятности наступления рисков ситуации и математического ожидания возможных потерь. При формировании критериев оценки факторов и уровней рисков необходимо учитывать нелинейный характер интеграции различных факторов рисков и вторичных последствий чрезвычайной ситуации. Системный характер комплексных рисков не имеет однозначного научного толкования, что затрудняет изучение, анализ и создание моделей управления ими.



Рис. 1. Функциональная модель оценки риска

Основные методы регистрации исходных параметров для построения риск-ориентированной модели «рис. 1»:

- 1) определение уровня выпавших осадков на единицу поверхности на основании многолетних данных мониторинга погоды в городе Новосибирске;
- 2) подбор коэффициентов поверхности по величине влагопоглощения;
- 3) оценка влияния рельефа местности на качество отвода ливневого стока;
- 4) определение величины суммарного отвода поверхностных стоков в ливневую канализацию исходя из требований ГОСТов, СПиН, СП и прочих нормативных документов.

Традиционные методы изучения, в частности метод сравнения не отражает степень и взаимосвязи факторов влияния. Изучение совокупного влияния одновременно нескольких факторов, с учетом градации проявления их влияния, при определении оптимального сочетания на сегодня возможно исключительно благодаря применению математического планирования эксперимента с применением многофакторного регрессионного анализа.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для визуального отображения совокупной картины природно-климатической ситуации, возникающей вследствие интенсивного ливня, наиболее подходящими оказались геоинформационные технологии, применение графических программ и онлайн-сервисы для работы с готовыми изображениями [20-22]. Основной целью в данном исследовании является территориальная дифференциация и комплексная оценка риска затопления территорий Новосибирска.

Настоящий подход позволит оценить риски от действия подобного гидрометеорологического явления. Параметрическая оценка рисков рассчитана на основе определения

балльной оценки степени опасности выделенных факторов, определение комплексного коэффициента напряженности, который охарактеризует природно-климатическую уязвимость различных территорий города и районов. Комплексный показатель выражается в процентах и рассчитывается на основе средней доли влияния климатических, гидрологических и инфраструктурных факторов [23-24].

В настоящее время большинство научных исследований, включая экологические и инженерные в сфере управления техносферной безопасностью, больше не поддаются исследованию обычными теоретическими методами. Прямой натурный эксперимент дорог, часто попросту невозможен, так как многие из изучаемых систем существуют в «единственном экземпляре», цена ошибок и просчетов в обращении с ними недопустимо высока. Поэтому математическое моделирование является неизбежной составляющей научного инженерного исследования (рис. 2) [25].

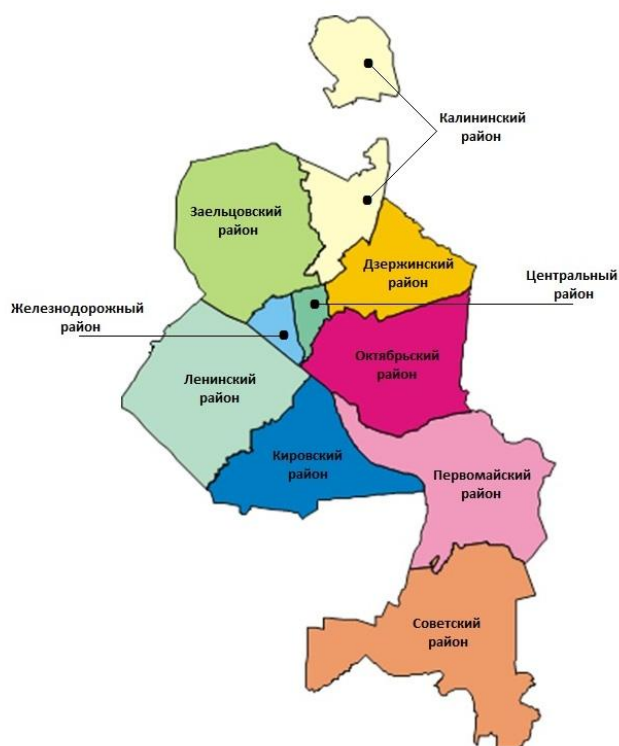


Рис. 2. Районы Новосибирска

Применительно к предмету исследования основной целью риск-ориентированного подхода является управление процессом, определение наилучших способов управления при заданных критериях, прогноз прямых и косвенных последствий реализации заданных способов и форм, превентивных мер воздействия на объект с целью минимизации рисков затопления жилых объектов и территорий [26-27].

В исследовании процесса прогнозирования затопления территорий Новосибирска вследствие интенсивных летних ливней наиболее подходящей станет динамическая оптимизационная функциональная модель объекта с известными основными закономерностями.

Задачей математического моделирования на данном этапе является определение набора наиболее значимых

факторов влияния с одновременной их классификацией по степени и уровню влияния на систему [28-29].

Пространственный анализ позволил разработать программы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, введение в действие которых городскими властями позволит избежать либо снизить до минимума последствия и нагрузку на жилищно-коммунальное хозяйство и дорожное хозяйство города по ликвидации этих последствий. Тщательное ретроспективное комплексное изучение последствий интенсивных ливней на территории Новосибирска и Новосибирского района позволило разработать мероприятия по минимизации опасных воздействий интенсивных осадков на жилые зоны.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАПЛАНИРОВАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

За основу были взяты многолетние метеорологические данные по городу Новосибирску. Анализ данных последних десяти лет показал, что наиболее интенсивные ливни происходят в Новосибирске в период с 9 июня (2015 год) по 12 сентября (2017 год) с интенсивностью 3 – 5,6 мм/ч. В целом в летний период особо интенсивные ливни в Новосибирске наблюдаются максимально четыре раза за сезон. Такая метеонагрузка по совокупности признаков не является стихийным бедствием и связана исключительно с особенностями рельефа Новосибирска, характером поверхностей и качеством ливневой канализации. В связи с этим основными данными для оценки риска затопления территории Новосибирска были картографические данные:

- 1) карта ливневой канализации для оценки качества инфраструктурной обеспеченности;
- 2) физическая карта Новосибирска для определения доли и местоположения низких участков, скапливающих дождевую воду;
- 3) подробные планы местности для оценки доли фильтрующей поверхности.

Строение земной поверхности характеризуется расположением Новосибирска на Приобском плато в районе Оби. Левобережная часть города имеет плоский рельеф, максимальная высота находится в районе площади Карла Маркса и составляет 151 м, а правобережье изрезано множеством балов и оврагов, относящихся к периферии Салаирского кряжа. Правобережная часть характеризуется высотой до 214 метров. В черте города имеются 150 крупных и мелких оврагов, развитию которых способствует хозяйственная деятельность.

Овражная эрозия в совокупности с высокой антропогенной нагрузкой является большой проблемой для города.

В рамках настоящей работы были определены средние высоты районов города. Определение средней высоты района производилось путем вычисления средней взвешенной на основании данных долей каждого основного цвета на топографической карте рельефа и высоты, взятой с масштабом 1:100000. Доли каждого цвета определялась с применением онлайн-инструмента «Tools366» для извлечения и визуализации цветового соотношения изображения. Результаты анализа высотных характеристик районов Новосибирска приведены в табл. 1.

Овражный рельеф, расположение Новосибирска в пойме Оби способствует скоплению дождевой воды в низинах, а наличие вблизи Новосибирского водохранилища с

большим по площади зеркалом испарения в летний период вызывает скопление воздушных масс и способствует формированию дождевых облаков.

Таблица 1

Средние высоты районов Новосибирска

Район	Высота над уровнем моря, м
Дзержинский	194,8
Железнодорожный	178,4
Заельцовский	160,4
Калининский	178,6
Кировский	125,6
Ленинский	136,4
Октябрьский	197,6
Первомайский	160,8
Советский	149,8
Центральный	194,6

Высокая степень урбанизации территории Новосибирска привела к тому, что в Новосибирске огромные площади покрыты асфальтом и забетонированы, что вызывает недостаток фильтрующей поверхности. Определение доли фильтрующей поверхности производилось путем картографического анализа подробного плана местности Новосибирска в масштабе 1: 20000, взятого с сайта Яндекс-карты.

Данный масштаб позволил включить в анализ газоны, парки, площадки с зелеными насаждениями. Схемы районов города брались в режиме «Схема», это позволило получить векторное изображение для объединения частей районов города в программе CorelDRAW в единую схему и определения доли «зеленой» территории с использованием сервиса онлайн-инструмента для извлечения и визуализации цветового соотношения изображения «Tools366».

При работе с векторным изображением были получены более корректные результаты площадей фильтрующей поверхности, совпадающие с более ранними исследованиями других авторов, проводивших сравнительную оценку степени озелененности районов Новосибирска.

Результаты определения долей фильтрующей территории приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики анализируемой территории

Район	Площадь общая, км <sup>2</sup>	Площадь фильтрующая, км <sup>2</sup>	Доля фильтрующей площади, %
Дзержинский	36,5	0,71	1,94
Железнодорожный	8,3	0,28	3,37
Заельцовский	83	2,68	3,23
Калининский	46,2	1,33	2,88
Кировский	52	1,51	2,91
Ленинский	70,3	1,14	1,62
Октябрьский	57,6	2,54	4,41
Первомайский	69,3	1,44	2,07
Советский	89,2	1,96	2,20
Центральный	6,4	0,38	5,97

Уровень обеспеченности районов Новосибирска ливневой канализацией определялся на основе схемы зон водоотведения муниципального предприятия «Метро Мир», обеспечивающего обслуживание системы сбора поверхностного стока. Протяженность магистралей осуществлялась с применением бесплатной версии программы ГИС Аксиома, являющейся отечественным аналогом программного продукта MapInfo-professional (табл. 3).

Таблица 3

Общая протяженность существующей магистрали поверхностного водоотведения по районам Новосибирска

Район	Результирующая длина магистрали водоотведения, м	Доля от общей протяженности магистрали, %
Дзержинский	28338	17,5
Железнодорожный	8178	5,0
Заельцовский	3395	2,1
Калининский	22632	14,0
Кировский	31143	19,2
Ленинский	29112	18,0
Октябрьский	7580	4,7
Первомайский	7760	4,8
Советский	11769	7,3
Центральный	12138	7,5

Протяженность магистрали дает возможность оценить инфраструктурную обеспеченность территорий города централизованной ливневой канализацией и определить количество сливов в соответствии с нормативами, определенными действующими СНиПами и ГОСТами.

Анализ полученных картографических и технологических параметров позволяет произвести исследование данных различными способами:

- 1) рейтинговая оценка риска затопления;
- 2) комплексный анализ на основе метода расчета критерия Фишера для малых выборок;
- 3) регрессионная модель.

Разнообразие подходов анализа позволит планомерно и многогранно оценить удельный вес природно-климатических и технологических входных данных.

Рейтинговая оценка показала, что правобережные районы Новосибирска подвержены риску затопления вследствие дождей меньше, чем левобережная территория города «рис. 3». Наиболее высокими районами города являются Октябрьский и Дзержинский, значительно ниже географически размещены Кировский и Ленинский. Однако, степень урбанизации отдельных районов, а вместе с тем и распределение доли непитывающей поверхности оказывает свое иное влияние на риск затопления. Современные урбанисты выделяют зеленую и серую зоны города, поэтому Дзержинский район, несмотря на свое высокое географическое положение, подвергается затоплению из-за малой доли фильтрующей поверхности. По технологическим параметрам, включающим удельную длину магистрали ливневой канализации и результирующему сливу рейтинг распределения неоднозначен. В связи с этим мы просуммировали рейтинговые баллы, полученные при анализе как природных, так и технологических параметров (рис. 3).

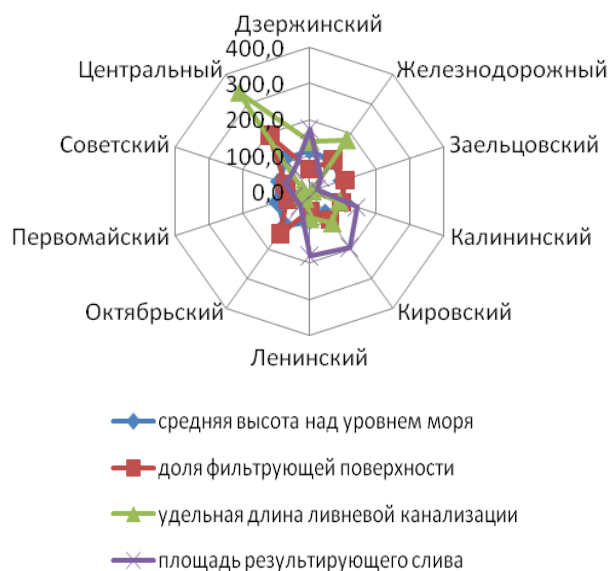


Рис. 3. Диаграмма приведенных показателей

Результаты показали, что в группе риска Заельцовский и Первомайский районы, в то время как в Центральном, Дзержинском и Железнодорожном районах риски затопления минимальны.

Рейтинговая модель основана на оценке совокупности баллов по показателям природно-климатических и технических факторов. Комплексный характер позволяет выявить сочетания, при которых риск затопления будет большим или меньшим.

В процессе комплексной сравнительной оценки состояния территорий города по степени уязвимости к затоплению поверхностными ливневыми стоками можно выделить этапы:

- 1) получение и аналитическая оценка исходных данных;
- 2) определение и обоснование системы показателей, используемых при рейтинговой оценке;
- 3) обработка и кластеризация исходных данных;
- 4) расчет балльных значений показателей рейтинговой оценки;
- 5) приведение отдельных показателей к удельной форме для корректности сравнения;
- 6) классификация (ранжирование) сравниваемых территорий города по рейтингу.

Рейтинговая оценка должна учитывать все наиболее значимые параметры, вероятности, последствия и повторяемости опасного фактора. При прочих равных условиях вероятность возникновения сильного дождя как фактора риска и его повторяемость в масштабе города может быть принята за 1, в то время как последствия для разных районов города зависят от площади фильтрующей поверхности, оснащенности ливневой канализации и особенностями рельефа.

По итогу рейтингового, регрессионного анализа и анализа методом Хи-квадрата для совокупной визуальной оценки были выбраны по два фактора природного и технологического характера: высота над уровнем моря, доля фильтрующей поверхности, удельная длина магистрали ливневой канализации, результирующий слив.

В табл. 4 показано распределение баллов риска по каждому фактору с учетом значимости и их сумма с определением класса риска затопления.

Таблица 4

Цветовая модель рисков затопления в весовых значениях

Район	Критерии оценки риска				Сумма баллов рейтинга	Класс риска
	Высота над уровнем моря	Доля фильтрующей поверхности	Удельная длина магистрали	Результирующий слив		
Дзержинский	2,0	5,6	2,8	1,9	12,2	9
Железнодорожный	4,9	1,9	1,9	4,3	13,0	8
Заельцовский	6,9	2,5	9,3	6,2	24,8	1
Калининский	3,9	3,7	4,7	2,5	14,8	7
Кировский	9,8	3,1	3,7	0,6	17,2	5
Ленинский	8,8	6,2	5,6	1,2	21,8	4
Октябрьский	1,0	1,2	7,4	5,6	15,2	6
Первомайский	5,9	5,0	8,4	5,0	24,2	2
Советский	7,8	4,3	6,5	3,7	22,4	3
Центральный	2,9	0,6	0,9	3,1	7,6	10

Для осуществления количественного анализа данных и масштабирования настоящего проекта на территориях других городов была выведена эмпирическая формула определения уровня риска затопления территории атмосферными осадками [30]:

$$R = 100 - \frac{CB \cdot 0,930 + ДФП \cdot 0,942 + L_{уд} \cdot 0,827 + S_{сл\ результ} \cdot 0,966}{100} \quad (1)$$

где  $R$  – уровень риска (%);  $CB$  – средняя высота участка над уровнем моря, м;  $ДФП$  – доля фильтрующей поверхности, которая рассчитывается как отношение площади фильтрующей поверхности к общей площади;  $L_{уд}$  – удельная длина магистрали ливневой канализации, приведенная к 1 км<sup>2</sup> площади анализируемой территории;  $S_{сл\ результ}$  – площадь результирующего слива, м<sup>2</sup>, определяемая по формуле:

$$S_{сл\ результ} = \frac{L}{50} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2)$$

где  $L$  – абсолютная длина магистрали ливневой канализации на исследуемом участке, м;  $D$  – нормативное значение сечения трубы слива, принятое для уличного поверхностного стока за 250 мм.

В таком случае формула будет иметь вид

$$S_{сл\ результ} = 9,8 \cdot 10^{-4} \cdot L \quad (3)$$

Данный расчетный подход позволит на основании минимума исходных данных определить и классифицировать уровень риска затопления от ливня. На основании полученных данных предлагается определить следующие уровни риска по значению  $R$ :

- очень высокий – 95 и более;
- высокий – 90–94;

- умеренный – 85–89;
- низкий – 80–84;
- очень низкий – менее 80.

Согласно полученной градуировке, результаты расчета R в разрезе районов Новосибирска соответствуют уровням риска, полученным в результате эмпирического анализа, многолетних наблюдений и данных новостных ресурсов (табл. 5).

Таблица 5  
Результаты оценки уровней риска

Район	Уровень риска	
	R	класс
Дзержинский	89	умеренный
Железнодорожный	86	умеренный
Заяльцовский	98	очень высокий
Калининский	86	умеренный
Кировский	92	высокий
Ленинский	94	высокий
Октябрьский	95	очень высокий
Первомайский	94	высокий
Советский	96	очень высокий
Центральный	76	очень низкий

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенной работы были получены следующие результаты:

1) анализ различных ресурсов, включающих новостные средства массовой информации, многолетние данные Гидрометцентра, уровней абсолютных высот территорий города, доли зеленых насаждений, газонов и парков, обеспечивающих фильтрацию поверхностного стока и препятствующих застою дождевой воды, показал, что тема является актуальной не только для Новосибирска, но и для прочих крупных высокоурбанизированных городов;

2) для полноценного анализа риска затопления был подобран перечень показателей технологического и природного характера, подобранных по принципу отсутствия коллинеарности, которые можно классифицировать на группы: зависимых (технологические) и независимых (природные), в ходе проверки их ковариации и степени влияния на вероятность затопления, окончательно как максимально воздействующие были определены факторы: абсолютной высоты участка над уровнем моря, доля впитывающей поверхности, удельная длина магистрали ливневой канализации и результирующий слив;

3) исходно отобранный перечень факторов был оптимизирован на основании результатов метода парных сравнений, для каждого из выбранных факторов методом Хиквдрата был определен уровень значимости для учета в результирующей эмпирической формуле расчета рисков затопления;

4) определены границы возможностей прогноза риска затопления в период ливневых осадков на основании оценки четырех наиболее влиятельных факторов, многофакторный регрессионный анализ показал высокое качество построенной регрессионной модели, значение R2 составило 0,96, что является значительным, средняя ошибка аппроксимации на уровне 8,5% свидетельствует о высокой точности полученных результатов;

5) наиболее значимыми факторами влияния среди природных оказалась абсолютная высота над уровнем моря, из технологических максимально влияющими определены доля газонов и зеленых зон, длина магистрали ливневой канализации, приведенная к единице площади и результирующий слив, являющийся косвенным показателем, определяемым на основании технических характеристик труб слива (марка трубы);

6) разработанная модель оценки риска включает наиболее значимые факторы влияния и учитывает уровни влияния факторов, полученные на основе статистических расчетов;

7) на основании многофакторного анализа разработаны положения для минимизации риска затопления Новосибирска; сформулированные положения пригодны для масштабирования в крупных городах России.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий / под общ. ред. В.А. Котляровского и А.В. Забегаева. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1998. – Кн. 4. – 203 с.

2. Акимов В.А. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации / В.А. Акимов, А.А. Быков, В.Ю. Востоков, Н.Н. Долгин, В.М. Кондратьев-Фирсов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев // Проблемы анализа риска. – 2007. – С. 368-377.

3. Арефьева Е.В. Подтопление урбанизированных территорий как фактор чрезвычайных ситуаций / Е. В. Арефьева // Природопользование: от истории к современности. Куражковские чтения: Материалы I Международной научно-практической конференции. – Астрахань: Астраханский государственный университет, 2022. – С. 109-114.

4. Горбунов С.В. Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / С.В. Горбунов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев // Стратегия гражданской безопасности, проблемы и решения: Науч.-аналит. сб. – М., 2011. – Т.1, №1(1). – С. 43-53.

5. Климанова О.А. Оценка геоэкологических функций зеленой инфраструктуры в городах Канады / О.А. Климанова, Е.Ю. Колбовский, А.В. Курбаковская // География и природные ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 191-200.

6. Российская Федерация. Законы. О водоснабжении и водоотведении: [Федеральный закон от 07.12.2011 года № 416-ФЗ: принят Государственной Думой в дек. 2011 г.: по состоянию на 15.10.2023 г.]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_122867/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/) (дата обращения: 30.09.2023).

7. Российская Федерация. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Об утверждении СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения»: Приказ Минстроя России от 25 декабря 2018 года № 860/пр // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18451/> (дата обращения: 30.09.2023).

8. Российская Федерация. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Об утверждении СП 30.13330.2020 «СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий»: Приказ Министра России от 30 декабря 2020 года № 920/пр // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/> (дата обращения: 30.09.2023).
9. Российская Федерация. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Об утверждении свода правил 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий» [Электронный ресурс]: Приказ Министра России от 3 августа 2016 года № 542/пр «// Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/12541/> (дата обращения: 30.09.2023).
10. О правилах благоустройства территории города Новосибирска и признании утратившими силу отдельных решений Совета депутатов города Новосибирска: Решение Совета депутатов города Новосибирска от 27 сентября 2017 года № 469. URL: <https://docs.cntd.ru/document/465718973> (дата обращения: 04.03.2024).
11. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: [федер. закон от 30.12.2009 года № 384-ФЗ: принят Гос. Думой в дек. 2009 г.: по состоянию на 15.10.2023]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/) (дата обращения: 30.09.2023).
12. Канализация. Наружные сети и сооружения: СП 32.13330.2012: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 25.12.2018 г. N 860/пр. URL: <https://base.garant.ru/72259416/> (дата обращения: 30.09.2023).
13. Ларионов В.И. Обзор методических подходов к анализу техногенных и природных рисков / В.И. Ларионов, А.А. Александров, С.П. Суцев // Нефтегазовое дело. – 2021. – №6. – С 36.
14. Мелехин А.Г. Анализ существующих биоинженерных сооружений очистки поверхностного стока и возможности их применения в условиях Западного Урала / А.Г. Мелехин, И.С. Шукин // Construction and Geotechnics. – 2013. – № 2. – С. 40-51.
15. City of Seattle 2019 NPDES Phase I Municipal Stormwater Permit Stormwater Management Program. URL: [https://www.seattle.gov/Documents/Departments/SPU/Documents/Plans/Seattle\\_2019\\_Stormwater\\_Plan.pdf](https://www.seattle.gov/Documents/Departments/SPU/Documents/Plans/Seattle_2019_Stormwater_Plan.pdf) (дата обращения: 29.09.2023).
16. EPA. Overcoming Barriers to Green Infrastructure. URL: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/overcoming-barriers-greeninfrastructure> (дата обращения: 20.10.2023).
17. Nickel D. German experience in managing stormwater with green infrastructure / D. Nickel et al. // Journal of environmental planning and management. – 2014. – vol. 57. – no. 3. – P. 403-423.
18. Weiss G. Today's practice in stormwater management in Germany-statistics / G. Weiss, H. Brombach // Sixth International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. – GRAIE, Lyon, France, 2007. – P. 1557-1564.
19. Цветков О.Ю. Подтопление городских земель как фактор снижения градостроительной привлекательности территории // Дальневосточная весна – 2021: Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 367-371.
20. Управление рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата: Специальный доклад МГЭИК; Резюме Специального доклада МГЭИК «Управление рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата». URL: [http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX\\_SPM\\_Russian.pdf](http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX_SPM_Russian.pdf). (дата обращения: 30.09.2023)
21. Зонирование территорий по затоплению при разрушении гидротехнических сооружений. Энциклопедия безопасности строительство, промышленность, экология. В 3 т. – М.: АСВ, 2010. – С. 185-200.
22. Прокопов А.Ю. Применение картографического метода исследований для выявления опасных зон агропромышленных территорий (на примере г. Шахты) // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2018. – № 1. – С. 35-51.
23. Пособие по определению основных расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
24. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 527 с.
25. Иванов В.Г. Математическое моделирование дождей малой интенсивности для расчета ливневой канализации / В.Г. Иванов, А.А. Калачко // Известия ПГУПС. – 2015. – №3. – С. 138-146.
26. Ларионов В.И. Научно-методические основы определения рисков чрезвычайных ситуаций. Безопасность России. Анализ риска и проблем безопасности. В 4 ч. Ч. I. Основы анализа и регулирования безопасности / В.И.Ларионов. – М.: МГФ “Знание”, 2006. – С. 353-389.
27. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций): Монография. Под общей редакцией Фалеева М.И. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. – 270 с.
28. Иванов В.Г. Интенсивность расчетных дождей и анализ соотношения объемов дождевой и производственной сточной воды для железнодорожных станций Сибирского и Дальневосточного регионов России / В.Г. Иванов, Н.А. Черников, Н.В. Твардовская // Известия ПГУПС. – 2019. – №1. – С. 95-104.
29. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. унта, 2019. – 112 с.
30. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты; Федеральное агентство Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Росстрой). – М.: ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2006. – 61 с.

# Forecast of the Risk of Flooding of the Urban Area of Novosibirsk by Atmospheric Precipitation

Perminova I.A., Boltushkina T.N.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Water Transport"

Novosibirsk, Russian Federation

[irma\\_perminova@mail.ru](mailto:irma_perminova@mail.ru), [tnb-2012@mail.ru](mailto:tnb-2012@mail.ru)

**Abstract.** The problem of flooding the city during the rains is one of the most urgent. During prolonged and heavy rains, the city floods so much that cars can hardly drive along the road, and it is almost impossible for pedestrians to walk down the street without getting their feet wet. The work carried out an assessment of the risks of flooding by precipitation in different areas of the city of

Novosibirsk to identify the most vulnerable, most susceptible to flooding.

**Keywords:** heavy rainfall, storm drains, risk of flooding, risk assessment.

---

## Библиографическое описание статьи

Перминова И.А. Прогноз риска затопления городской территории Новосибирска атмосферными осадками / И.А. Перминова, Т.Н. Болтушкина // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. – 2026. – Т.13, №1. – С. 78-85. DOI: 10.24892/RIJE/20260113

---

## Reference to article

Perminova I.A., Boltushkina T.N. Forecast of the risk of flooding of the urban area of Novosibirsk by atmospheric precipitation, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2026, vol.13, no.1, pp. 78-85. DOI: 10.24892/RIJE/20260113

---