

УДК 628.24

Анализ аварийности канализационных трубопроводов внутриконтинентального города Северного Китая

Д. Ван, Л. Д. Терехов

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Ван Д., Терехов Л. Д. Анализ аварийности канализационных трубопроводов внутриконтинентального города Северного Китая. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 1. С. 113–124. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-113-124

Аннотация

Цель: провести анализ причин разрушения канализационных трубопроводов, которые произошли во внутриконтинентальном городе Северного Китая с 2017 по 2022 год, и дать предложения по снижению количества аварийных ситуаций. **Методы:** описать причины разрушений канализационных трубопроводов и провести их сравнительный анализ. **Результаты:** в результате проведенного исследования установлено, что трубопроводы канализационной сети города довольно старые и имеют высокую аварийность. Основными причинами возникновения аварийных ситуаций являются процессы коррозии, разрывы труб, обильное выпадение атмосферных осадков. В работе предложены меры по повышению надежности работы таких трубопроводов, включающие наблюдение и контроль за состоянием трубопроводов с последующим назначением различных видов восстановительных работ. **Практическая значимость:** результаты работы рекомендуется учитывать при решении проблем разрушения канализационных трубопроводов в других районах Китая.

Ключевые слова: канализационный трубопровод, бытовые сети водоотведения, дождевые сети водоотведения, аварии, анализ причин, повышение надежности.

Введение

Водоотводящие трубопроводы являются важной частью муниципальной инфраструктуры для сбора и транспортировки городских бытовых и дождевых сточных вод к местам очистки. Условия их эксплуатации напрямую влияют на безопасность городской деятельности и экологическую среду. Согласно Статистическому ежегоднику городского и сельского строительства Министерства жилищного строительства и городского развития КНР, по состоянию на 2021 год длина городских канализационных трубопроводов в стране достигла 872 283 км. Существующие трубопроводы выходят из

строения из-за старения, дождевой эрозии и других причин [1–4]. Это может вызвать вторичные проблемы (подтопление городов, загрязнение воды водоемов и обрушение дорог) и оказать негативное влияние на безопасную эксплуатацию города и общественное пространство [5–8]. С учетом этого в данной статье анализируются следующие основные причины разрушения канализационных трубопроводов: срок эксплуатации трубопроводов, наличие дефектов в их конструкции, влияние атмосферных осадков, материала трубопровода и наличия внешних факторов при неглубокой прокладке трубопроводов,

а также предлагаются меры по предотвращению подобных ситуаций с целью решить проблему разрушения канализационных трубопроводов в других регионах страны.

В качестве района исследования в данной статье рассматривается застроенная территория внутриконтинентального города на севере Китая с общей длиной канализационных трубопроводов 9204 км, из которых 4693 км — это длина трубопроводов бытовой канализации и 4521 км — протяженность труб дождевой водоотводящей сети. На данной территории с 2017 по 2022 год произошло в общей сложности 1044 случая обрушения канализационных труб, в том числе 802 аварийных случая на бытовой канализационной сети и 242 случая — на дождевой сети. Распределение аварий по трубопроводам различного типа по годам представлено в табл. 1.

1. Анализ причин аварий на канализационных трубопроводах

1.1. Срок эксплуатации трубопроводов

Согласно «Техническим условиям городского водоснабжения и водоотведения» (GB 5078–2012) конструктивный срок службы основных сооружений и подземных трубопроводов систем городского водоснабже-

ния и водоотведения должен быть не менее 50 лет. Трубопроводы, у которых имеется превышение срока эксплуатации над проектным, склонны к обрушению из-за низких стандартов проектирования трубопроводов, обусловленных их строительством в разные исторические периоды.

Приведенные 802 случая разрушения канализационных трубопроводов можно разбить по сроку эксплуатации на следующие группы: в 350 случаях трубопроводы эксплуатировались более 50 лет, что составляет 41%; в 395 случаях срок эксплуатации был от 30 до 50 лет, что составляет 47%; на трубопроводах со сроком эксплуатации до 30 лет было 102 случая аварий, что составляет 12%.

Статистика показывает (рис. 1), что протяженность канализационных трубопроводов, эксплуатирующихся более 50 лет, составляет примерно 1222 км (13,3%), от 30 до 50 лет — примерно 3408 км (37%), со сроком службы до 30 лет — примерно 4574 км (49,7%). Учитывая длину канализационных трубопроводов с различным сроком эксплуатации, на 100 км сети приходится более 30 случаев обрушений трубопроводов старше 50 лет и менее двух случаев обрушений на 100 км для трубопроводов со сроком эксплуатации менее 30 лет. Случаи обрушений

ТАБЛИЦА 1. Информация об авариях на канализационных трубопроводах с 2017 по 2022 год

Год	Количество аварий на трубопроводах бытовой канализационной сети	Количество аварий на трубопроводах дождевой канализации	Всего
2017	152	46	198
2018	147	37	184
2019	124	39	163
2020	129	34	163
2021	130	35	165
2022	120	51	171
Итого	802	242	1044

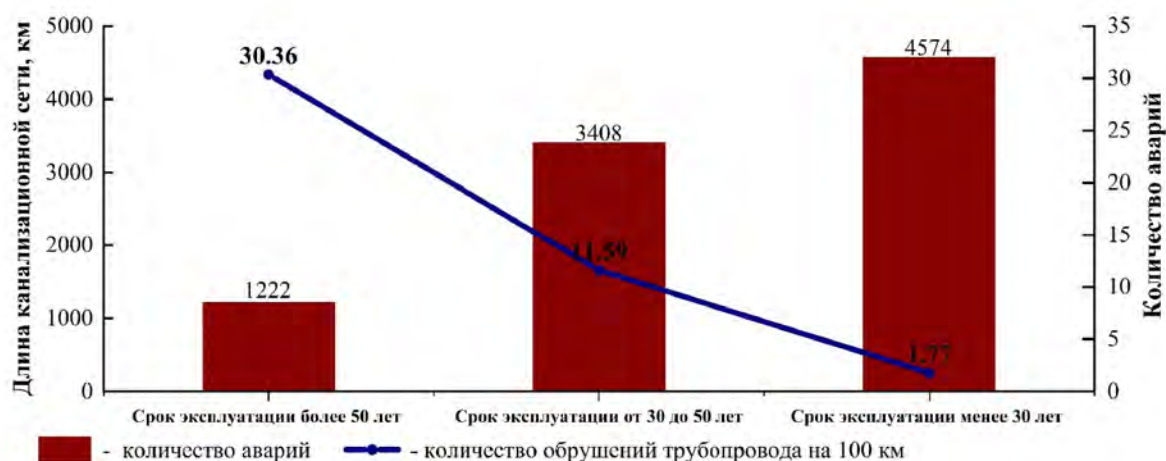


Рис. 1. Протяженность и количество аварий на канализационных трубопроводах в зависимости от срока их эксплуатации

для трубопроводов, срок эксплуатации которых превысил нормируемый конструктивный предел, имеют наибольшую вероятность. Зависимость количества аварийных ситуаций с учетом срока эксплуатации трубопроводов приведена на рис. 1.

1.2. Конструктивные дефекты

Согласно «Оценке конструкции городских дренажных труб» (DB11/T 1492–2017), структурные дефекты трубопроводов делятся на несколько категорий (видов), главными из которых являются: коррозия, разрыв, деформация, несоосность. По степени тяжести они делятся на легкие, средние и тяжелые. Категория и степень конструктивных дефектов влияют на прочность, жесткость и срок службы трубопроводов. Виды и степени конструктивных дефектов, влияющих на обрушение канализационных трубопроводов бытовых и дождевых сточных вод, существенно отличаются [1].

По данным осмотра и оценки, в 969 случаях до обрушения трубопровода имелись дефекты различной степени тяжести, основными из которых были коррозия, несо-

осность, разрыв, деформация, что соответственно составило 61, 19, 15 и 3 %, включая 744 случая обрушения труб бытовых сетей и 225 случаев обрушения труб дождевой канализации.

1.2.1. Характеристика конструктивных дефектов труб сетей бытовой канализации

Наиболее частым конструктивным дефектом, предшествующим разрушениям трубопроводов бытовой сети, была коррозия — 595 случаев, что составляет 80 % от общего числа. Причиной коррозии [9–11] является то, что сероводород и серная кислота, продуцированные микроорганизмами сточных вод, в течение длительного времени воздействуют на трубопровод, в результате чего внутренняя стенка трубопровода постепенно становится тоньше, что впоследствии приводит к снижению прочности конструкции трубы и затем ее разрушению. Для железобетонных трубопроводов по степени тяжести коррозии в 165 случаях — это сильная коррозия с разрушением бетона и оголением стальной арматуры на трубопроводе, что

составляет 28 % от общего числа коррозионных дефектов, в 252 случаях — средняя коррозия с частичным разрушением бета, что составляет 42 %, и в 178 случаях — легкая коррозия с отслаиванием стенок труб, составляющая 30 %.

Аварий из-за конструктивных дефектов в виде разрывов больше в 96 случаях, что составляет 13 % от общего их числа. Они проявляются в основном в виде дефектов стыковых соединений трубопроводов или длинных продольных трещин. Разрушение труб в таких случаях происходит после уменьшения несущей способности трубы. По степени тяжести разрывы в 61 случае были тяжелыми с явным разрушением трубы, что составило 64 % от общего количества дефектов по разрывам, в 35 случаях — это разрывы средней тяжести с явными трещинами, что составило 36 %. И только 7 % суммарно составляют другие виды дефектов. В табл. 2 представлены основные численные данные по влиянию на количество аварий видов и тяжести дефектов.

1.2.2. Характеристика конструктивных дефектов труб дождевой канализации

Наиболее распространенными конструктивными дефектами разрушений трубопроводов дождевой водоотводящей сети была несоосность труб (всего 153 случая, что составило 68 % от общего их числа) и разрывы (49 случаев, что составило 22 %), 10 % случаев аварий связано с коррозией и деформациями. Все четыре типа дефектов нарушают герметичность дождевой сети. В этом случае дождевая вода непрерывно размывает почву вокруг труб через зазоры, вызванные конструктивными дефектами, образуя полости, в результате чего вся труба тонет или ломается. По степени дефектов выявлено 147 тяжелых дефектов, что составляет 65 % от общего их числа, и 59 дефектов средней степени тяжести, что составляет 25 %.

Подводя итог, можно сказать, что коррозионные дефекты являются основной причиной обрушения канализационных трубопроводов бытовой сети, причем обрушение труб может происходить с разной степенью

ТАБЛИЦА 2. Количество аварий на канализационных трубопроводах при различных видах дефектов трубопроводов и их степени тяжести

Степень тяжести дефекта	Количество аварий на трубопроводах бытовой канализации по видам дефектов					Количество аварий на трубопроводах дождевого стока по видам дефектов			
	Коррозия	Разрыв	Смещение оси	Деформация	Другие	Смещение оси	Разрыв	Коррозия	Деформация
Легкие	178	0	0	0	0	15	4	0	0
Средние	252	35	11	7	0	37	15	6	1
Тяжелые	165	61	20	7	8	101	30	12	4
Итого	595	96	31	14	8	153	49	18	5
От общего числа дефектов трубопроводов, %	79,97	12,90	4,17	1,88	1,08	68,00	21,78	8,0	2,22

коррозионных дефектов; точечные дефекты, такие как несоосность и разрыв, являются основной причиной обрушения труб дождевой канализации в виде средних и тяжелых дефектов по их тяжести. Конструктивные дефекты приводят к более высокой вероятности обрушения трубопровода.

1.3. Влияние атмосферных осадков

В засушливый сезон городская почва имеет низкую влажность. С наступлением сезона дождей насыщенность почвы продолжает увеличиваться после частых осадков, а прочность на сдвиг снижается, что влияет на прочность канализационных труб. Частые атмосферные осадки вызывают повышение уровня грунтовых вод, который увеличивает давление грунтовых вод на почву вокруг трубопровода, в определенных случаях разрушая конструкцию трубопровода. Большинство труб дождевой сети спроектированы в соответствии с «Правилами проектирования наружного водоотведения» (GBJ 14–87, изд. 1997 г.). Обильные атмосферные осадки могут легко привести к переполнению труб дождевой водоотводящей сети, а большое дав-

ление воды может нарушить прочность самих труб. Вышеуказанные факторы приводят к увеличению количества случаев обрушения канализационных труб в сезон дождей.

По данным сравнения ежемесячных случаев разрушений на трубопроводах дождевой сети, количество аварийных случаев с июня по сентябрь составляет более 50% от всего года, при этом наибольшая доля приходится на 2017 год — 64%, немного меньше на 2020 год — 63% (рис. 2).

Совокупное количество осадков с июня по сентябрь 2017 года составило 483 мм, при этом произошло 123 случая обрушения трубопровода (рис. 3). Суммарное количество осадков с июня по сентябрь 2019 года составило 356 мм, при этом произошло 78 случаев обрушения трубопровода. Отмечается зависимость: если суточное количество осадков в одном месте превышает 50 мм, то обрушение трубопровода может произойти в течение короткого периода времени. Например, 21 июня 2017 года среднее количество осадков составило 114 мм, и в течение семи дней после дождя произошло 22 случая обрушения трубопровода;

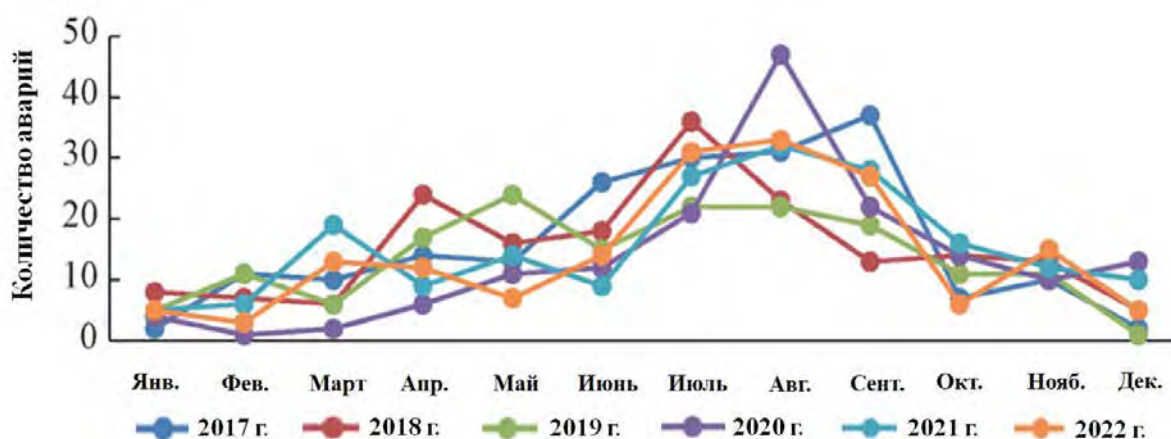


Рис. 2. Распределение количества аварий по месяцам на трубопроводах дождевой сети за 2017–2022 годы



Рис. 3. Количество аварий на трубопроводах дождевой сети в зависимости от количества осадков с июня по сентябрь 2017–2022 годов

28 июля 2022 года среднесуточное количество осадков составило 120 мм и за семь дней после дождя произошло 11 обрушений трубопровода.

1.4. Влияние материала трубопроводов

Наиболее часто используемыми для устройства канализационных трубопроводов являются бетонные (82%) и пластиковые трубы (8%). Кроме этого, используются трубы и каналы из других материалов: керамические и металлические трубы, каналы прямоугольного сечения и т.п., на долю которых приходится 10%. В последние годы сети таких типов реже используются при строительстве городских канализационных трубопроводов.

Среди 814 случаев аварий разрушения были зафиксированы на трубопроводах из бетонных труб, в 109 случаях — из пластиковых труб и в 121 случае — из других материалов (рис. 4). Для последней группы обруше-

ние боковой стенки каналов прямоугольного сечения стало причиной большинства случаев аварий — в общей сложности 73 случая, что составляет 60% от общего числа случаев для данного типа.

В сочетании с длиной трубопроводов, изготовленных из различных материалов, наибольшее количество случаев аварий на 100 километров приходится на пластиковые трубы, которое составляет чуть более 14; число случаев для трубопроводов из других материалов — чуть более 13, а для бетонных труб количество аварийных ситуаций на 100 километров длины наименьшее — менее 11. Существует три основные причины, по которым пластиковые трубопроводы имеют более высокую вероятность разрушения. Во-первых, это качество строительства трубопроводов — их можно легко повредить во время строительства, например при прокладке или засыпке. Во-вторых, пластиковые трубы часто используются в условиях

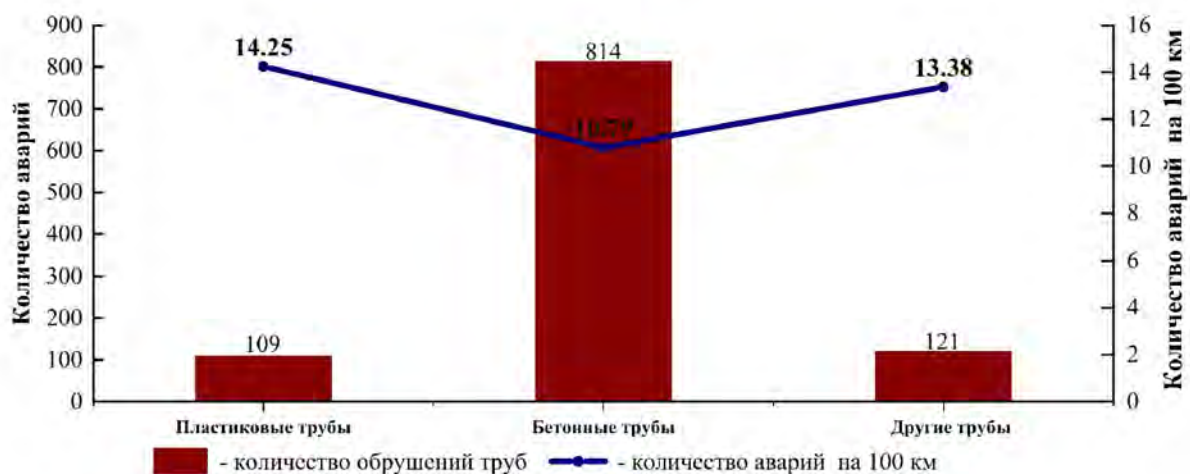


Рис. 4. Количество аварий на трубопроводах дождевой сети в зависимости от материалов труб

ТАБЛИЦА 3. Количество разрушений канализационных труб разной глубины заложения

Глубина заложения	0~1 м	1~2 м	2~3 м	3~4 м	4~5 м	5~6 м	Более 6 м
Количество аварий	123	202	224	245	137	66	47

с небольшой глубиной заложения и малым диаметром и поэтому более подвержены обрушению из-за внешних воздействий. В третьих, установленные пластиковые трубы неправильно обрабатываются, что приводит к перекосу и нарушению стыковых соединений.

1.5. Влияние внешних факторов при небольшой глубине заложения трубопроводов

В последние годы городское развитие в КНР шло быстрыми темпами, и проводимые при этом ремонтные или строительные работы, связанные с передвижением тяжелых транспортных средств, строительством других подземных коммуникаций, строительством метро и др., могут при несоблюдении строительных нормативов нарушить работу канализационных трубопроводов, проходящих на небольшой глубине.

Кроме этого, в КНР постоянно растут нагрузки на автомобильные дороги из-за увеличения количества автотранспорта, которые передаются через грунт на коммуникации, в том числе на канализационные трубопроводы при их небольшой глубине заложения.

Как показано в табл. 3, зарегистрировано 325 случаев разрушений трубопроводов при глубине их заложения менее 2 м, что составляет 31 % от общего количества аварий.

2. Меры по снижению количества аварий на трубопроводах

Канализационные трубопроводы представляют собой самотечные подземные сети, поэтому возможные места дефектов скрыты, а при возникновении аварийных ситуаций они могут легко приводить к подтоплению территорий, обрушению дорог или загрязнению воды водоемов. Чтобы уменьшить

количество аварийных случаев на канализационных трубопроводах, рекомендуется [12] осуществлять управление и проведение профилактических работ по трем направлениям: осмотр трубопроводов, их ремонт и аварийно-спасательные работы. Согласно проведенному анализу, основными факторами, вызывающими обрушение канализационных трубопроводов, являются срок эксплуатации труб, превышающий расчетный, конструктивные дефекты трубопровода и влияние атмосферных осадков. С учетом этого рассмотрим основные предлагаемые мероприятия.

2.1. Осмотр трубопроводов

Необходимо создать и усовершенствовать систему обнаружения дефектов канализационных трубопроводов, оценить типы и количество существующих конструктивных дефектов и планировать с учетом результатов обследований проведение ремонтных работ в установленном порядке. В то же время необходимо формировать механизм периодического контроля и оценки, позволяющий регулярно наблюдать за развитием дефектов, которые не были устранены вовремя, и своевременно корректировать план восстановления трубопроводов. Требуется проводить обследование и оценку верхних и нижних участков обрушившихся трубопроводов и последующий их ремонт.

Необходимо унифицировать механизм ежедневного осмотра, сформулировать специальные планы проверок поврежденных трубопроводов, которые еще не были отремонтированы, увеличить частоту проверок и начать проверки в верхних и нижних смотровых колодцах умеренно и сильно дефектных трубопроводов для наблюдения за изменениями расхода жидкости в трубопроводе

и своевременно обнаруживать обрушения. В то же время оперативные подразделения должны связаться с отделом управления городскими дорогами, чтобы получить разрешения на работы по подземным трубопроводам на территории улиц, автодорог, метро и других объектов.

Необходимо усилить онлайн-мониторинг канализационных трубопроводов в соответствии с [10]. Производственные подразделения должны устанавливать оборудование для онлайн-мониторинга с целью наблюдения за уровнем жидкости и скоростью потока выше и ниже по течению от точек со средними и тяжелыми дефектами трубопроводов и осуществлять их мониторинг в режиме реального времени, что позволит своевременно принять меры и устранить возможность возникновения аварий.

2.2. Ремонт трубопроводов

Необходимо создать механизм регулярного ремонта канализационных трубопроводов, всесторонне учитывать геологические и гидрологические условия, условия движения транспорта и другие факторы, рационально назначать процессы ремонта открытым и закрытым способами, определять приоритетность ремонтных работ на объектах с высокой скрытой опасностью и сильными воздействиями. Для подземных трубопроводов с большими диаметрами и большими расходами, если на участке нет условий для отвода воды, для решения проблемы рекомендуется построить новые параллельные трубопроводы и соединительные ветки.

Требуется усилить контроль качества строительства канализационных трубопроводов и осуществлять строительство объектов в строгом соответствии с нормативными документами, проектными и строительными

чертежами. В частности, глубина заложения труб канализационной сети должна быть рассчитана так, чтобы предотвратить возникновение дефектов в виде перекосов, способствующих нарушению герметичности раструбов стыковых соединений и выпадению резиновых колец. Все работы по строительству трубопроводов должны осуществляться в соответствии с техническими и проектными требованиями с проведением последующих гидравлических испытаний.

При строительстве и ремонте трубопроводов с небольшой глубиной заложения следует использовать специальную дополнительную защиту, чтобы свести к минимуму возможные внешние воздействия на трубопроводы.

2.3. Аварийно-спасательные мероприятия

Требуется создать механизм управления аварийно-спасательными работами. Оперативные подразделения должны создать механизм полного взаимодействия с различными городскими ведомствами, усилить обмен информацией и оперативно обнаруживать случаи обрушения канализационных трубопроводов. Необходимо создать профессиональные аварийно-спасательные команды для реагирования на обрушение трубопроводов, которые могут произойти в любой момент времени; стандартизировать последовательность действий при возникновении таких чрезвычайных ситуаций, которая гарантирует, что последствия происшествия будут сведены к минимуму.

Необходимо стандартизировать правила проведения спасательных работ. Ремонтные работы должны выполняться в кратчайшие сроки. При ремонте подземного трубопровода необходимо вскрыть грунт в месте аварии, восстановить трубопровод, произвести

засыпку трубопровода и при необходимости выполнить специальную дополнительную защиту для обеспечения прочности конструкции. В то же время при производстве ремонтных работ следует всесторонне учитывать большие потоки сточных вод при выпадении атмосферных осадков и предусмотреть план отвода воды для предотвращения переполнения канализационных трубопроводов и обратного движения стоков в таких случаях.

Заключение

В статье проведен анализ аварийных ситуаций канализационных трубопроводов внутриконтинентального города Северного Китая в период с 2017 по 2022 год. Установлено, что трубопроводы системы водоотведения довольно старые и имеют высокую аварийность. Основными причинами аварий являются коррозия, разрывы труб, а также влияние атмосферных осадков. В результате анализа аварий на канализационных трубопроводах были предложены следующие меры по предотвращению и ликвидации таких ситуаций: разработка стандартов проведения аварийных работ, создание механизма систематических проверок и онлайн-диагностики для своевременного выявления дефектов и разрушений трубопроводов, проведение ремонтных работ трубопроводов с соблюдением всех нормативных требований.

Библиографический список

1. Хуан Жунминь, Чжан Е, Лю Ка, и др. Характеристики распределения дефектов муниципальных дождевых и канализационных труб при проверке трубопроводной сети города W // *China Water Supply and Drainage*. 2023. № 39 (2). С. 87–93.
2. Чэнь Шаобо, Ян Юйсюань, Ван Хао и др. Исследование типичных типов дефектов и анализ причинно-следственных механизмов городских во-

доотводящих сетей южного побережья // Водоснабжение и водоотведение. 2022. № 48. С. 464–470.

3. Юань Хуэйчжоу, Ван Сяосюн, Юань Цзяцзя, Анализ аварий на муниципальных канализационных трубах и профилактические меры в южном городе // Водоснабжение и водоотведение. 2021. № 47 (7). С. 112–116.

4. Цю Чжихай. Анализ проблем качества при строительстве водоотводящих сетей Шэньчжэня и обсуждение мер контроля качества и контроля // Технический надзор за охраной водных ресурсов. 2017. № 25 (4). С. 20–21.

5. Терехов Л. Д., Майны Ш. Б., Терехова Е. Л. Особенности реконструкции систем водоснабжения и водоотведения в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов // Сантехника. 2024. № 1. С. 30–37.

6. Проблемы изношенных трубопроводов Дальнего Востока России и пути их восстановления / Л. Д. Терехов, Н. В. Твардовская, А. В. Федорчук и др. // «Яковлевские чтения — 2022»: Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения: сб. докладов участников XVII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева. М., 2022. С. 54–61.

7. Терехов Л. Д., Твардовская Н. В., Федорчук А. В. Комбинированный способ бестраншейного ремонта коммунальных трубопроводов // III Бетанкуровский международный инженерный форум: сб. трудов. СПб., 2021. С. 159–161.

8. Ху Юйхан, Бай Юйчуань, Сюй Хайцзюэ. Анализ причин и стратегии предотвращения обрушений городских дорог в Китае за последние 10 лет // Highways. 2016. № 61 (9). С. 130–135.

9. Лю Хуапин, Ли Тянь, Дуань Сяопин. Сероводородная коррозия и контроль канализационных трубопроводов // Муниципальные технологии. 2004. № 5. С. 282–284.

10. Цзян Сяодун, Юй Кайхуа, Бао Юэцюань и др. Предварительный анализ воздействия серной коррозии на комбинированные канализационные трубы большого диаметра // Технология очистки воды. 2016. № 35 (6). С. 37–44.

11. Хао Сяоди, Ян Чжэньли, Чжан Инин и др. Механизм производства и стратегии контроля CH_4 , H_2S и N_2O в канализационных трубах // Журнал экологической инженерии. 2023. № 17 (1). С. 1–12.

12. Ян Дунни. Проблемы управления качеством муниципальных водоотводящих проектов и стратегии улучшения // Новая индустриализация. 2022. № 12(12). С. 129–131.

Дата поступления: 01.02.2024

Решение о публикации: 01.03.2024

Контактная информация:

ВАН Дунлян — аспирант кафедры

«Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»;
wangdongliang@yandex.ru

ТЕРЕХОВ Лев Дмитриевич — докт. техн. наук,
проф.; levter4@rambler.ru

Analysis of the accident rate of drainage pipelines in an inland city in northern China

D. Wang., L. D. Terekhov

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Wang D., Terekhov L. D. Analysis of the accident rate of drainage pipelines in an inland city in northern China // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 1. P. 113–124. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-113-124

Abstract

Purpose: to analyze the causes of the destruction of drainage pipelines that occurred in an inland city in northern China from 2017 to 2022 and make proposals to reduce the number of emergency situations. **Methods:** describe the causes of destruction of drainage pipelines and conduct a comparative analysis. **Results:** as a result of the study, it was found that the pipelines of the inland city in northern China sewerage network are quite old and have a high accident rate. The main causes of emergency situations are corrosion processes, pipe ruptures, and heavy precipitation. The work proposes measures to improve the reliability of the operation of such pipelines, including monitoring and monitoring the condition of pipelines with the subsequent assignment of various types of restoration work. **Practical significance:** the results of the work are recommended to be taken into account when solving problems of destruction of drainage pipelines in other regions of China.

Keywords: drainage pipeline, household drainage networks, rainwater drainage networks, accidents, cause analysis, increasing reliability.

References

1. Huan Zhunmin', Chzhan E, Lju Ka, i dr. Harakteristiki raspredelenija defektov municipal'nyh dozhdovyh i kanalizacionnyh trub pri proverke truboprovodnoj seti goroda W // China Water Supply and Drainage. 2023. № 39 (2). S. 87–93. (In Russian)
2. Chjen' Shaobo, Jan Jujsjuan', Van Hao, i dr. Issledovanie tipichnyh tipov defektov i analiz prichinnosledstvennyh mehanizmov gorodskih vodootvodjashhh setej juzhnogo poberezh'ja // Vodospabzhenie i vodootvedenie. 2022. № 48. S. 464–470. (In Russian)
3. Juan' Hujejchzhou, Van Sjaosjun, Juan' Czjaczja, Analiz avarij na municipal'nyh kanalizacionnyh trubah i profilakticheskie mery v juzhnom gorode // Vodospabzhenie i vodootvedenie. 2021. № 47 (7). S. 112–116. (In Russian)
4. Cju Chzhijhaj. Analiz problem kachestva pri stroitel'stve vodootvodjashhh setej Shjen'chzhjenja i obsuzhdenie mer kontrolja kachestva i kontrmer // Tehnicheskij nadzor za ohranoj vodnyh resursov. 2017. № 25 (4). S. 20–21. (In Russian)
5. Terekhov L. D., Majny Sh. B., Terehova E. L. Osobennosti rekonstrukcii sistem vodospabzhenija i vodootvedenija v uslovijah glubokogo sezonnogo promerzanija gruntov // Santehnika. 2024. № 1. S. 30–37. (In Russian)
6. Problemy iznoshennyh truboprovodov Dal'nego Vostoka Rossii i puti ih vosstanovlenija / L. D. Terekhov, N. V. Tvardovskaja, A. V. Fedorchuk, i dr. // "Jakovlevskie chtenija — 2022": Sistemy vodospabzhenija i vodootvedenija. Sovremennye problemy i reshenija: sb. dokladov uchastnikov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii, posvjashhennoj pamjati akademika RAN S. V. Jakovleva. M., 2022. S. 54–61.
7. Terekhov L. D., Tvardovskaja N. V., Fedorchuk A. V. Kombinirovannyj sposob bestranshejnogo remonta kommunal'nyh truboprovodov // III Betankurovskij mezhdunarodnyj inzhenernyj forum: sb. trudov. SPb., 2021. S. 159–161. (In Russian)

8. Hu Jujhan, Baj Jujchuan', Sjuj Hajczjuje. Analiz prichin i strategii predotvrashhenija obrushenij gorodskih dorog v Kitae za poslednie 10 let // Highways. 2016. № 61 (9). S. 130–135. (In Russian)
9. Lju Huapin, Li Tjan', Duan' Sjaopin. Sero-vodorodnaja korrozija i kontrol' kanalizacionnyh truboprovodov // Municipal'nye tehnologii. 2004. № 5. S. 282–284. (In Russian)
10. Czjan Sjaodun, Juj Kajhua, Bao Jujecjuan' i dr. Predvaritel'nyj analiz vozdeystvija sernoj korrozii na kombinirovannye kanalizacionnye truby bol'shogo diametra // Tehnologija ochistki vody. 2016. № 35 (6). S. 37–44. (In Russian)
11. Hao Sjaodi, Jan Chzhjen'li, Chzhan Inin i dr. Mehanizm proizvodstva i strategii kontrolja CH₄, H₂S i N₂O v kanalizacionnyh trubah // Zhurnal je-kologicheskoy inzhenerii. 2023. № 17 (1). S. 1–12. (In Russian)
12. Jan Dumni. Problemy upravlenija kachestvom municipal'nyh vodootvodjashhih proektov i strategii uluchshenija // Novaja industrializacija. 2022. № 12(12). S. 129–131. (In Russian)

Received: 01.02.2024

Accepted: 01.03.2024

Author's information:

Dongliang WANG — Postgraduate Student of the Department of Water Supply, Sewage and Hydraulics; wangdongliang@yandex.ru

Lev D. TEREKHOV — Dr. Sci. in Engineering, Professor; levter4@rambler.ru