

DOI: 10.12737/article_5926a059462d34.75656700

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Косухин А.М., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВОДООТВОДЯЩИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ*

mkosuhin@mail.ru

Представлен краткий анализ исторического и экономического развития одной из важнейших систем жизнеобеспечения – водоотведения. Показано, что сегодня она находится в катастрофическом состоянии, от которого зависит дальнейшее благосостояние в развитии народонаселения. Необходим комплекс действенных мер руководства страны по выводу отрасли из кризисного состояния. Для проведения коммунальных систем в удовлетворительное состояние необходим детальный анализ их технического состояния специалистами-профессионалами. Для решения стоящих задач необходимо разработать конкретную нормативно-правовую базу, механизмы привлечения в отрасль высококвалифицированных специалистов. Неотъемлемой частью стоящей проблемы является разработка отечественных ремонтно-строительных материалов и технологий, отвечающих современным требованиям и условиям эксплуатации инженерных систем и сооружений. При этом особое внимание должно быть уделено разработке ремонтных составов для железобетонных поверхностей, в связи с тем, что большинство существующих коммунальных сетей и сооружений выполнено из него.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, история водоснабжения и водоотведения, канализация, очистные сооружения, железобетонные водоотводящие системы, ветхость и аварийность коммунальных систем, моральный и физический износ, ремонтные составы для внутренних железобетонных поверхностей, капитальный ремонт, санация, реновация.

Введение. Жизнедеятельность человеческого общества невозможна без потребления воды, кроме того, вода является основным и главным признаком существования всего живого. Вода, подаваемая потребителю системой водоснабжения, в процессе использования в основном утрачивает первоначальное качество, превращаясь в сточную воду, и подлежит удалению из зоны потребления. Этот процесс одинаков как при использовании воды населением на хозяйственно-бытовые нужды, так и в результате осуществления технологических процессов на производственных предприятиях различного назначения. К сточным водам относят также дождевые и талые воды. Сточные воды любого происхождения получают дополнительные химические и механические примеси (загрязнения), изменяющие первоначальный химический состав и физические свойства воды, что требует их организованного сбора, транспортировки, очистки и возврата в окружающую среду (как правило природные водоемы). Для этого необходим комплекс инженерных устройств и оборудования, составляющих систему водоотведения.

Основная часть. История отвода сточных вод начинается с канализации (от латинского *canalis* – «труба», «желоб»). На этой основе возникло общее название системы устройств для сбора и транспортировки сточных вод под названием – канализация. Первоначально она являлась средством поддержания удовлетвори-

тельных санитарных условий в сравнительно локализованных и немногочисленных местах образования сточных вод, преимущественно бытового происхождения. На этой стадии существования ее основная технологическая функция заключалась в сборе и отведении за пределы населенного пункта сточных вод со сбросом в водоемы или на местность без очистки.

С ростом народонаселения и расширением масштабов промышленного производства увеличились объемы сточных вод, количество и состав сбрасываемых загрязнений, что привело к необходимости их очистки. Канализационные сети при этом дополняются очистными сооружениями. Очистка, в соответствии с современными требованиями охраны окружающей среды [1], по техническому содержанию, капитальным вложениям и эксплуатационным затратам, экономическому и народнохозяйственному значению занимает главенствующую роль в водоотведении. В этой связи, первоначальное название «канализация» устарело и в настоящее время эта система приобретает название – «водоотведение», которое воплощает в себе более широкое понятие, наиболее актуальное в наши дни.

Прежде чем превратиться в комплексную систему водоотведения канализация, как и в целом система жилищно-коммунального хозяйства [2], в своем развитии пережила ряд этапов становления. К их числу можно отнести возникновение элементов канализации в древние време-

на, появление совершенной системы канализации, разруха канализационных систем в средние века, «золотой час» для канализации в начале двадцатого столетия и особый этап – система канализации в наши дни.

Возникновение элементов канализации многие исследователи относят к Древнему Риму. Это можно объяснить тем, что древние римляне общепризнаны одной из самых ранних цивилизаций вообще и в которых потреблялось большое количество воды, сопровождающееся накоплением больших объемов сточных вод. Однако, как показывают более поздние археологические исследования, на самом деле история канализации уходит намного дальше вглубь истории развития человеческой цивилизации. По открытым в 1957 году археологическим данным, самыми древними остатками канализаций считаются сооружения 18–17 века до н. э. российского города Аркаим в Челябинской области [3]. Это поселение древней цивилизации, входящее в уникальный археологический заповедник Южного Урала «Страна городов», можно назвать музеем развития жилищно-коммунального хозяйства и градостроительства. В нем сосредоточены элементы водопровода тех времен, хозяйственно-бытовой и ливневой канализации, дренажные системы, многоквартирные дома, кольцевая дорога вокруг центральной площади города с радиальными прямыми улицами и многое другое. Жители этого города благоразумно относились к сточным водам, так как они зачастую становились источниками распространения массовых заболеваний и смертельных эпидемий. Экспонаты этого музея позволяют сделать вывод о существовании самой совершенной системы античной канализации.

Находки древних инженерных систем были обнаружены археологами в Вавилоне, Египте, Месопотамии, Древней Индии. Для древнегреческих городов был характерен высокий уровень благоустройства и комфорта. Санитарное состояние городских площадей, улиц и дворов обеспечивалось развитой системой организованных водостоков, обложенных камнем и перекрытых плитами. Знаменитый акведук в Древнем Риме представляет собой разветвленную сеть каналов для подачи воды в города, полива и вывода сточных вод. Для отвода сточной воды использовались глиняные и металлические трубы. Там же обнаружены остатки общественных туалетов. Древняя канализация Рима используется и до настоящего времени.

В наступившую затем эпоху средневековья развитие канализационных систем прекратилось. Значительная часть построенных римлянами систем была разрушена, в большинстве

европейских городов канализация практически отсутствовала. В этот период церковь запрещала думать о чистоте тела. В европейских городах этого периода о сточной системе не знали, отвод бытовых сточных вод не обеспечивался, они выливались прямо из окон. Городские нечистоты попадали в реки и озера, из которых потреблялась вода на нужды людей. Все это привело к распространению в Европе массовых эпидемий чумы и кори. В 1830 году Европа подверглась эпидемии холеры, которая унесла множество человеческих жизней. Только после всего этого правители многих стран начали задумываться о создании централизованных санитарно-технических систем в городах. Интенсивное строительство канализации в Европе началось только в XIX веке. Это было связано с ростом городского населения и развитием водопровода, что обусловило необходимость централизованного отвода большого количества образующихся сточных вод и их очистки перед сбросом в водоемы из которых производился забор воды для водоснабжения.

Аналогичную историю канализация получила и в России. Отсутствие канализации в России стало причиной эпидемии чумы в конце XVIII века. Из-за этого погибла треть населения Москвы. И только в конце XVIII и начале XIX столетия срочно стали возводить канализационную систему. В связи с резким возрастанием водопотребления, удорожанием вывоза нечистот, катастрофическим загрязнением крупных населенных центров и массовым распространением эпидемий развивается строительство канализации в других городах России. В 1857–1860 годах появляется и первая техническая литература, посвященная этому вопросу. Большой вклад в становление канализации в России внесли Русские водопроводные съезды. В 1897 году четвертым водопроводным съездом было принято постановление, которое обращало внимание на необходимость с устройством водопроводов всегда иметь в виду и устройство канализации.

«Золотой час» для канализации наступил в XX веке. Растущая потребность городов и быстрое развитие промышленного производства привели к массовому строительству канализаций в мегаполисах, городах и поселках. Для устройства канализации стали применяться наиболее доступные материалы. Постепенно начали создаваться новые специальные для этих целей материалы и изделия. В современных санитарно-технических сооружениях используются трубы из металла, пластика, бетона, используются научные достижения и новые технологии. При строительстве очистных сооружений,

насосных станций используются компьютерные устройства и новое оборудование. Сточные воды на своем пути проходят несколько стадий очистки и обработки, прежде чем попасть в реки и озера.

Исходя из основной цели системы водоотведения и материально-технических затрат на ее реализацию, можно сделать вывод о важности ее роли в нормальном развитии и существовании цивилизации на планете.

На сегодняшний день обеспеченность городов и населенных пунктов централизованным водоснабжением составляет 98 %, а канализацией – около 75 %. Требования, касающиеся создания и нормального функционирования систем водоотведения отражены в ряде федеральных законов таких как «Об охране окружающей природной среды» [4], «Об основах градостроительства в Российской Федерации» [5] и ряде других. Тем не менее, в настоящее время отрасль находится в катастрофическом состоянии. К важнейшим проблемам систем водоотведения, которые необходимо решать в ближайшее время относятся следующие:

- ликвидация имеющейся диспропорции в развитии городского водоснабжения и водоотведения;

- устройство канализации в малых населенных пунктах, которые не имеют, как правило, опыта работы, материальной базы и достаточных финансов, а также квалифицированных специалистов;

- повышение качества строительства новых водоотводящих сетей;

- снижение материалоемкости и трудозатрат при строительстве систем водоотведения.

Перечисленные проблемы касаются нового строительства водоотводящих систем и являются меньшей составляющей общей глобальной проблемы состояния данного вопроса. Тем более, новое строительство инженерных сетей сегодня сведено к минимуму. К примеру, к 1987 году при «несовершенной советской экономике» канализация была проведена в 1851 городе (85,1 %) и в 2132 поселках (53,4 %), которая используется и в наши дни. Но после «экономических реформ 90-х годов», выделение средств из разных бюджетов на ее содержание практически прекратилось. Это привело к тому, что около 50 % существующих систем требует замены, а 15 % находятся в аварийном состоянии. Их реконструкция, реновация и санация требуют огромных капиталовложений которых, по оценке председателя правительства сегодня у государства нет [6]. Кроме того, эта задача усложняется экономическими санкциями против России.

Как уже отмечалось выше, история водоснабжения и водоотведения пережила в своем развитии три революционных этапа: от создания древнеримской водопроводной сети до 70-х годов XX столетия с принятием «Закона о чистой воде» со строительством гигантских станций очистки воды. Новый кризис, перед которым системы водоснабжения и водоотведения оказались в наши дни, связан с их огромными размерами, перегруженностью, нехваткой воды, общесплавностью систем канализации, ростом городского населения. Построенные с начала XX века системы изношены и требуют неотложного дорогостоящего ремонта. Даже у самых богатых городов мира нет денег на их капитальный ремонт. В этой связи, необходим поиск новых подходов в решении этого вопроса, иначе прогрессирующее разрушение водоотводящих систем может повторить эпидемическую катастрофу средневековья, сегодня ее проявление уже отмечается во многих странах мира и в том числе ряде регионов России.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что основной задачей решения стоящей проблемы в нашей стране является разработка отечественных ремонтно-строительных материалов и технологий, отвечающих современным требованиям. Наиболее распространенным и широко применяемым материалом для устройства, как магистральных водоотводящих сетей, так и водоочистных сооружений является железобетон. Он особенно широко применялся в период индустриализации строительства и из него в XX столетии построено большинство водоотводящих сетей: железобетонные трубы, лотки, желоба и многое другое. И хотя железобетон относительно долговечный материал, агрессивные условия его эксплуатации привели инженерные сети, выполненные из него, в аварийное состояние [7, 8].

На сегодня, железобетонные трубопроводы зачастую израсходовали гарантированный лимит надежности из-за продолжительного срока службы, а также по причине воздействия различных веществ и газов на внутренние поверхности трубопроводов. Следствием данного факта зачастую становятся чрезвычайные происшествия, происходящие в разных регионах страны.

Вопрос о необходимости решения данной проблемы поднимался на протяжении длительного времени и зачастую сводился к банальному процессу замены трубопровода. Но данный вариант решения проблемы сопровождается зачастую множеством дополнительных проблем, таких как – невозможность проведения работ под автомобильными и железнодорожными путепроводами, большая глубина заложения, не-

возможность приостановления технологических процессов водоочистки, отсутствие возможности отведения стоков по другим магистралям. А в основном решение данного вопроса упирается в нехватку денежных средств для проведения данного трудоемкого, машиноёмкого, а зачастую напрасного процесса.

Чтобы понять сущность вопроса необходимо проанализировать проблематику его возникновения, провести детальный анализ технического состояния систем водоотведения путем обследования [9], а впоследствии выбрать наиболее доступный путь решения. Высокая степень индустриализации, более экономное использование воды, наряду с новыми методами очистки, предъявляют наиболее высокие требования к прочности и плотности бетона. Прочный бетон может выдержать высокие механические и термальные нагрузки, но, будучи щелочным материалом, имеет свои пределы прочности в случаях контакта с кислыми средами [10].

Городские непромышленные сточные воды, которые поступают на водоочистку с рН 6,5–7, в соответствии с действующими нормами, не представляют опасности для бетона и кирпича. В тоже время стоки, проходя различные стадии обработки и очистки, подвергают опасности вторичной атаки посредством концентрации токсинов биологических процессов, которые в действительности вызывают разрушение бетона. В бытовых стоках органические субстанции, получаемые в процессе биологической очистки, трансформируются в биомассу как углекислый газ CO_2 и сероводород H_2S , отдельно друг от друга. CO_2 – природный газ, находящийся в атмосфере в количестве 0,03 %, является катализатором гораздо более опасного процесса – карбонизации бетона, но закономерно то, что процесс не происходит в мокрой среде водоочистных сооружений. H_2S , подобно CO_2 также не очень агрессивен по отношению к бетону, но в тоже время является причиной неприятного запаха. Проводя минимизации вредного влияния сероводорода необходимо максимально герметично изолировать стадии очистки. В результате структурных перемен сточных вод в процессе очистки, происходит вторичная атака на бетон над уровнем стоков, так называемая газовая атака [11].

Под действием данных процессов микробактериальная оксидация тиобациллы преобразовывается H_2S в гораздо более агрессивную среду – концентрированную серную кислоту H_2SO_4 . По истечении нескольких месяцев это неизбежно приведет к падению рН уровня до 1–2,5. O_4 – высокоагрессивная кислота по отноше-

нию к бетону, к тому же кислотная атака проходит двумя путями:

- оказывает растворяющий эффект (цементное тесто просто растворяется);
- мелкодисперсная атака твердыми частицами отходов жизнедеятельности, которые образуют тонкий слой на поверхности бетона.

Проникновение таких кристаллов внутрь бетона вызывает его разрушение, появляются трещины и процесс сильно прогрессирует.

Под воздействием вышперечисленных факторов, незащищенный бетон очень быстро разрушается. Материалы, применяемые для защиты бетона от негативных воздействий должны отвечать следующим условиям:

- экологически безопасные для здоровья и окружающей среды;
- кислотоустойчивые при рН=1 и меньше;
- иметь безупречную адгезию к бетону в постоянно влажных условиях;
- обладать достаточной прочностью к механическим нагрузкам.

Для повышения долговечности и эксплуатационной пригодности железобетонных водоотводящих систем в настоящее время широко используются различные ремонтные составы, как правило, в виде органических покрытий. Тем не менее, результаты лабораторно-промышленных исследований на сооружениях водоочистки показывают, что органические покрытия не имеют диффузии водяного пара (не «дышат») и по этой причине обречены на потерю адгезии к бетону. Данный процесс происходит из-за давления влаги изнутри бетонной конструкции, находящейся в контакте с грунтом, что, в свою очередь, приводит к образованию пузырей на поверхности защитного покрытия. Подобные явления были отмечены на большинстве водоочистных сооружений, что позволяет судить о системности данных процессов. Благодаря своим физико-химическим свойства органические покрытия очень чувствительны к влажности бетона (для эпоксида 0,6 %, для полиуретана – 0,4 %), что делает практически невозможным их использование для санации старых, поврежденных бетонных поверхностей, находящихся в постоянно влажном состоянии. На сегодняшний день повсеместно вводятся ограничения на использование органических материалов для конструкций, которые эксплуатируются во влажных условиях, примером могут служить нормы Федеративной Республики Германия (ZTV-W), регулирующие меры по ремонту бетона, в которых запрещается использование органических материалов. Подобные принципы относятся и к санитарно-инженерному строительству. Вторым, но не менее важным и серьезным недо-

статком органики является их слабая устойчивость к механическим нагрузкам [12].

В этой связи, актуальной является задача разработки ремонтных составов для внутренних бетонных поверхностей водоотводящих систем с использованием минеральных композиций на основе портландцемента, которые бы имели достаточно высокую долговечность. Цементные ремонтные составы обладают диффузией водяного пара («дышат») и имеют высокую адгезию к ремонтируемому бетонным поверхностям. Они также высоко устойчивы к газовой атаке при значениях рН, близких к кислой среде, что позволяет приоритетно использовать их в сооружениях водоочистки и водоотведения.

Известные на сегодняшний день ремонтные составы в виде минеральных композиций на основе портландцемента – это, как правило, мелкозернистые бетоны, модифицированные различными химическими добавками. К структуре таких бетонов предъявляются особые требования по плотности, водонепроницаемости, коррозионной стойкости. Использование индивидуальных химических добавок для направленного модифицирования структуры бетона наталкивается на ряд технологических ограничений. Комплексное решение данной проблемы стало возможным с появлением на строительном рынке полифункциональных модификаторов. В этой связи, синтез дешевых отечественных полифункциональных модификаторов для получения таких ремонтных бетонов, позволит экономически выгодно по сравнению с заменой решить проблему восстановления водоотводящих железобетонных трубопроводов и продлить период их эксплуатации.

Выводы. Таким образом, исходя из выше изложенного, можно сделать вывод о том, что необходимо принятие срочных мер на федеральном уровне по приведению в удовлетворительное состояние существующих водоотводящих сетей. Отсрочка решения данного вопроса только усугубит и без того их катастрофическое состояние. Необходимо принятие поэтапной программы, включающей детальное обследование технического состояния коммуникаций, разработку мероприятий по проведению ремонтно-строительных работ, создание дешевых отечественных ремонтных материалов для проведения реновации, санации и в целом реконструкционных работ. Во избежание национальной катастрофы необходимо изыскать возможности заложения в бюджеты разных уровней статьи расходов на реализацию этих мероприятий. Любой программный документ должен начинаться с детального профессионального анализа существующей в отрасли ситуации вы-

сококвалифицированными специалистами. И только после этого проводить внедрение мероприятий, направленных на выход отрасли из сложившейся ситуации и дальнейшее ее совершенствование и развитие.

**Статья подготовлена в рамках мероприятий Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2017–2019 годы по проекту «Разработка теоретических и методологических принципов управления физико-химическими процессами структурообразования бетонов на наноуровне путем регулирования коллоидно-химических свойств цементных дисперсий и кристаллообразования полифункциональными модификаторами с разными адсорбционно-активными группами».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 17.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
2. Косухин М.М. От истории создания до современного состояния и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 48–54.
3. Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим – страна городов: пространство и образы: (Аркаим: горизонты исследований) // Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство. Издательство Крокус, 2007. 260 с.
4. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 28 декабря 2016 года) (редакция, действующая с 1 марта 2017 года).
5. Федеральный закон Российской Федерации №3295- Об основах градостроительства в Российской Федерации».
6. Медведев Д.: Более 60 % фондов в ЖКХ отслужили свой срок : Политика : Top.rbc.ru <http://www.rbc.ru/politics/23/11/2010/5703e0a49a79473c0df17416>.
7. Дрозд Г.Я. Коррозионные разрушения, прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды и обеспечение надежности канализационных коллекторов на стадии проектирования // Вода и экология. Проблемы и решения. Санкт-Петербург. 2013. №1(53). С. 40–59.
8. Дмитриева Е.Ю. Микроорганизмы – биодиструкторы подземных канализационных сооружений // Вода и экология. Проблемы и решения. Санкт-Петербург. 2013. №1. С. 20–39.
9. СП 272. 1325800. 2016 Системы водоотведения городские и поселковые. Правила обследования.

10. Косухин М.М., Полуэктова В.А., Апалькова Л.В., Шарапов О.Н., Малиновкер В.М. Повышение долговечности железобетона водоотводящих коллекторов // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 8–4. С. 838–840.

11. Розенталь Н.К. Коррозия и защита бетонных и железобетонных конструкций

сооружений очистки сточных вод // *Бетон и железобетон*. 2011. № 2. С. 78–85.

12. Косухин М.М., Шарапов О.Н., Апалькова Л.В., Комарова К.С., Комарова Н.Д. Ремонтно-защитные покрытия для бетонных и железобетонных элементов очистных сооружений // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9–9. С. 1942–1945.

Kosukhin M.M., Kosukhin A.M.

WATER TREATMENT ENGINEERING NETWORKS IN THE PAST, PRESENT AND FUTURE

A brief analysis of the historical and economic development of one of the most important life support systems, water supply, is presented. It is shown that today it is in a catastrophic state, which influences further prosperity of population.

A set of effective measures of the country's leadership is needed to bring the industry out of crisis.

For bringing communal systems to a satisfactory condition, a detailed analysis of their technical state made by professionals is needed.

To meet the challenges, it is necessary to develop a specific legal and regulatory framework, mechanisms for attracting highly qualified specialists to the industry.

An integral part of the problem is the development of domestic repair and construction materials and technologies that meet modern requirements and operating conditions of engineering systems and structures maintenance. At the same time, special attention should be paid to the development of repair compounds for reinforced concrete surfaces, due to the fact that most of the existing utility networks and structures are made of it.

Key words: *housing and communal services, history of water supply and sanitation, sewerage, treatment facilities, reinforced concrete drainage systems, dilapidated and failures of communal systems, moral and physical deterioration, repair compounds for internal reinforced concrete surfaces, overhaul, sanitization, renovation.*

Косухин Михаил Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mkosuhin@mail.ru

Косухин Андрей Михайлович, аспирант, кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.