ANTI-CORROSION COATINGS AS A FACTOR IN ENSURING THE STRENGTH INDICATORS OF RECONSTRUCTED METAL PIPELINES

V. G. Grin², A.A. Pachomov¹, N.A. Kolobanova¹, A. S. Shishkin²

¹ Volgograd State Agrarian University, Volgograd

² Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

Received 31.04.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article considers the main types of pipeline tightness disturbance, the scale of these phenomena on water supply networks, the theoretical determination of the strength characteristics of the protective anticorrosion coating in the form of a process hose, their comparison with experimental data and the prospects of its use in the reconstruction of pipelines.

Abstract

Introduction. Carrying out work on the reconstruction of water supply networks in urban conditions by the method of complete replacement requires complex approvals from various services and leads to an increase in the cost of production due to an increase in the volume of land, installation, and other works. **Object.** The object of research is a trenchless method of performing repair work using a technological sleeve impregnated with polymer compositions and flexible torus-shaped shells. The purpose of this work is definition of strength characteristics of protective anticorrosion coating, in the form of the technological sleeve impregnated with HT composition - 170, on the technology developed at the department «Complex Water Supply Systems» of the «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin». **Materials and methods.** The work used a general scientific methodology with methods of theoretical (analysis and synthesis) level. «SIBRTECH KR-2200/100 58042» air compressor with 100 l receiver. **Results and conclusions.** The theoretical maximum stresses that the recommended coating can withstand are determined. Based on laboratory experiments, the possibility of using the proposed protective coating during the reconstruction of water supply networks was concluded.

Key words: trenchless repair, anticorrosive coating, process hose, water supply.

Citation. Grin V. G., Pachomov A.A., Kolobanova N.A., Shishkin A. S. Anti-corrosion coatings as a factor in ensuring the strength indicators of reconstructed metal pipelines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 404-415 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-42.

Author's contribution. All authors were directly involved in calculations, observation and laboratory research.

Conflict of interest . The authors declare no conflict of interest.

УДК 621.644

АНТИКОРРОЗИЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

В. Г. Грин², кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

А. А. Пахомов¹, доктор технических наук, профессор

Н. А. Колобанова¹, кандидат технических наук, доцент

А. С. Шишкин², старший преподаватель

¹ Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

² Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар

Аннотация. Рассмотрены основные виды нарушения герметичности трубопроводов, масштабы этого явления на сетях водоснабжения, даны теоретическое определение характеристик прочности защитного антикоррозионного покрытия в виде технологического рукава, а также сравнение его с опытными данными и перспективы применения при реконструкции трубопроводов.

Актуальность. Проведение работ по реконструкции водопроводных сетей в городских условиях по способу полной замены требует сложных согласований различных служб и ведёт к удорожанию производства за счёт увеличения объема земляных, монтажных и других работ. **Объект.** Объектом исследований является бестраншейный способ производства ремонтных работ с применением технологического рукава, пропитанного полимерными составами, и гибких торообразных оболочек. **Цель.** Целью данной работы является определение прочностных характеристик защитного антикоррозионного покрытия в виде технологического рукава, пропитанного композицией ХТ – 170, по технологии, разработанной на кафедре «Комплексные системы водоснабжения» КубГАУ. **Материалы и методы.** В работе использовалась общенаучная методология с методами теоретического (анализ и синтез) уровня. В исследовании применялся воздушный компрессор СИБРТЕХ КР-2200/100 58042 с ресивером 100 л. **Результаты и выводы.** Определены теоретические максимальные напряжения, которые может выдержать рекомендуемое покрытие. На основании лабораторных опытов сделан вывод о возможности использования предлагаемого защитного покрытия при реконструкции сетей водоснабжения.

Ключевые слова: бестраншейный ремонт, ремонт трубопроводов, антикоррозионные покрытия, металлические трубопроводы.

Цитирование. Гринь В. Г., Пахомов А. А., Колобанова Н. А., Шишкин А. С. Антикоррозионные покрытия как фактор обеспечения прочностных показателей реконструируемых металлических трубопроводов. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 404-415. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-42.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в расчетах, наблюдении и лабораторном исследовании.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Муниципальное унитарное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства «Водоканал» (МУП ВКХ «Водоканал») является одним из старейших предприятий столицы Кубани.

В настоящее время в городе Краснодаре имеется 25 водозаборных узлов, из которых 15 микроводозаборов, на них в эксплуатации находится 486 скважин. ОАО «Водоканал» располагает одиннадцатью насосными станциями второго подъема и 183 насосными станциями подкачки (третьего подъема), а также 85 резервуарами чистой воды.

Основным материалом водопроводных сетей является сталь.

Степень физического износа трубопроводов составляет более 60 %. Эксплуатационные затраты на поддержание системы водоснабжения ежегодно увеличиваются за счет учащающегося выполнения работ по ремонту, в среднем за год таких явлений 2570 случаев, что составляет до 7 аварий на сетях в сутки.

Основной причиной нарушения работы системы водоснабжения является коррозия стальных трубопроводов, составляющая 64,4 % общей протяженности сетей. Из-за разрушения трубопроводов систем водоснабжения возможно загрязнение питьевой воды патогенной микрофлорой, в связи с частой необходимостью прокладки этих сетей параллельно с сетями водоотведения [1].

Материалы и методы. В работе использовалась общенаучная методология с методами эмпирического и теоретического уровней. Исходными данными для анализа послужили статистические данные об авариях на водоводах МУП ВКХ «Водоканал» города Краснодара.

Техническое состояние водопроводных сетей города характеризуется следующими показателями (рисунки 1–2). Следует отметить, что наибольшее количество аварий происходит при эксплуатации металлических (стальных) трубопроводов с физическим износом более 70 %. Наиболее распространенными видами нарушения герметичности труб является язвенная коррозия в виде свищей и линейная коррозия швов, а также различные сочетания первого и второго типа коррозии [6, 11].

Результаты и обсуждение. Выход из существующего положения заключается в

крупномасштабной реконструкции водопроводных сетей с использованием современных инновационных технологий.

Применяемые в настоящее время технологии ремонта требуют больших капитальных затрат по земляным, монтажным и другим видам работ, наличия и применения дорогостоящего оборудования, а также больших затрат средств и труда [1]. Кроме этого, проведение ремонтных работ в стесненных условиях городской инфраструктуры требует изменения режима транспортных потоков и большого количества согласований с остальными службами жизнеобеспечения.

Рисунок 1 – Протяженность в км водопроводных сетей из стали с износом более 50 % за период с 2008 по 2019 г. в разрезе диаметров трубопроводов

Figure 1 – Length in km of water supply networks made of steel with wear of more than 50 % for the period from 2008 to 2019 in the section of pipeline diameters

Рисунок 2 – Протяженность в км водопроводных сетей из стали с износом более 70 % за период с 2008 по 2019 г. в разрезе диаметров трубопроводов

Figure 2 – Length in km of water supply networks made of steel with wear of more than 70 % for the period from 2008 to 2019 in the section of pipeline diameters

Рисунок 3 – Аварийность на сетях водоснабжения, аварий шт./км в год

Figure 3 – Accident rate on water supply networks, accidents pc/km per year

Рисунок 4 – Динамика повреждений по водопроводным сетям, шт.

Figure 4 – Dynamics of damages by water supply networks, pcs.

Анализ отечественного и зарубежного опыта применения бестраншейного ремонта эксплуатируемых трубопроводов показывает высокую экономическую эффективность его применения [1, 4, 6, 7, 9, 10]. Капитальные затраты снижаются в зависимости от диаметра ремонтируемого трубопровода от 3 до 8 раз, при снижении себестоимости производства работ в 2,0-2,5 раза.

Рисунок 5 – Классификация способов бестраншейного ремонта трубопроводов

Figure 5 – Classification of methods of trenchless repair of pipelines

Первое место в данной классификации занимает бестраншейный способ, предусматривающий протягивание новой полимерной трубы внутрь восстанавливаемого трубопровода. Данная технология предусматривает уменьшение внутреннего диаметра на 3-5 %, а это неизбежно приводит к повышению рабочего напора, а значит, к увеличению затрат на транспортирование воды [2, 10].

Цементно-песчаные покрытия (ЦПП) внутренней поверхности металлических трубопроводов широко применяются в мировой практике, являются противокоррозионным материалом и ликвидируют локальные дефекты герметичности. К недостаткам данной технологии относятся: ограниченная длина ремонтируемого участка; значительное уменьшение внутреннего диаметра на 5-10 %, значительная гидравлическая шероховатость получаемого защитного слоя и сложность применяемого оборудования.

Рисунок 6 – Схемы применения торообразных оболочек и гибкого технологического рукава при бестраншейном ремонте трубопроводов:

- а – нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода покрытия жидким материалом двумя торами; б – нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода материала покрытия в жидком виде тором и тканевым рукавом; в – перемещение троса, фала или подобного оборудования по трубопроводу; процесс прочистки тором-толкатом; г – процесс нанесения полимерного и/или тканевого покрытия окрашиванием внутренней стенки трубопроводов; д – нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода материала покрытия тором под давлением; 1 – тор; 2 – трубопровод; 3 – антикоррозионное покрытие жидкого вида; 4 – образованное защитное покрытие; 5 – несформированное покрытие; 6 –рукав в свернутом состоянии; 7 –рукав в вывернутом состоянии (внутренняя поверхность); 8 – фал, трос или подобное оборудование; 9 – устройство для зацепления; 10 – рабочий орган (например, щётка); 11 – вал в виде барабана с оболочкой из ткани; 12 – емкость с клеящим материалом; 13 –устройство ввода рукавного механизма (торообразного).

Figure 6 – Diagram of use of torus-shaped shells and flexible process hose during trenchless repair of pipelines:

- a – applying the coating material in liquid form on the inner surface of the pipeline using two tori; b – the application of the coating material in liquid form on the inner surface of the pipeline using the Torah and fabric sleeves; moving a cable, halyard, etc. through the pipeline. c – the process of applying a polymer and / or fabric coating by painting the inner wall of pipelines; d – applying a pressure torus coating material to the inner surface of the pipeline; 1-torus; 2-pipeline; 3-liquid anticorrosive coating; 4 – a formed protective coating; 5 – an unformed coating; 6 –a sleeve in a rolled-up state; 7 –a sleeve in an inverted state (internal surface); 8 – a halyard, cable or similar equipment; 9 - a device for engagement; 10 – a working organ (for example, a brush); 11-a shaft in the form of a drum with a cloth shell; 12 – a container with adhesive material; 13 –a device for entering a sleeve mechanism (torus-shaped)

Одной из перспективных технологий бестраншейного ремонта со значительной степенью износа является восстановление трубопровода с применением технологического рукава, пропитанного полимерными составами, и гибких торообразных оболочек [5, 8].

Данный способ позволяет производить ремонтные работы оперативно, с соблюдением прочностных и гидравлических параметров в широком диапазоне степени изношенности восстанавливаемых трубопроводов [3, 7].

Применение оболочек базируется на возможности их использования во многих технологических операциях:

- предварительный контроль технического состояния трубопровода с определением местоположения дефектов и степени заполнения трубопровода продуктами коррозии;
- очистка от отложений на внутренней поверхности трубопровода;
- нанесение жидких защитных покрытий;
- использование тороидальных оболочек в качестве заглаживающего элемента;
- контроля качества наносимых защитных покрытий, что позволяет унифицировать применяемое оборудование и, как следствие, снизить себестоимость ремонтных работ [3].

Проведенный анализ дефектов показал, что наиболее часто встречаются три формы: 1 – близко к круглой форме (свищ); 2 – щель, близкая к прямоугольной форме; 3 – комбинация дефектов: сквозное отверстие с отходящей от него щелью.

Схема опыта: на внутреннюю поверхность стальной трубы, бывшей в эксплуатации в течение 8-10 лет и имеющей вышеперечисленные дефекты, после гидродинамической очистки наносилось защитное антикоррозионное покрытие в виде технологического рукава, пропитанного композицией ХТ-170.

Рисунок 7 – Схема испытательной установки оценки прочности нанесенных защитных покрытий:

- 1 – испытываемый отрезок трубопровода; 2 – искусственно созданный дефект; 3, 4 – концевые заглушки со штуцером каждая; 5 – гибкий трубопровод высокого давления; 6, 10 – манометры; 7 – ресивер; 8 – пневмокомпрессор; 9 – кран для сброса избыточного давления

Figure 7 – Diagram of the test unit for assessing the strength of applied protective coatings:

- 1 – the tested section of the pipeline; 2 – an artificially created defect; 3, 4 – end caps with a fitting each; 5 – a flexible high-pressure pipeline; 6, 10 – pressure gauges; 7 – a receiver; 8 – a pneumatic compressor; 9 – a valve for relieving excess pressure

Для проведения опыта и оценки прочности проверяемых покрытий нами были организованы образцы с перечисленными ранее дефектами с условием 4-х кратной повторяемости. Испытательная установка представляет собой компрессор с ресивером, от которого

поступает по шлангу избыточное давление в испытуемый образец, ограниченный заглушками. Избыточное давление внутри образца фиксируется манометром. Сброс давления после испытания осуществляется через патрубок с краном, установленным на заглушке.

Для определения диапазона нагрузок проведены предварительные теоретические расчеты.

На рисунке 7 представлена схема к методике расчета прочности испытательного образца металлического трубопровода с внутренним покрытием комбинированного типа.

В опыте при создании рабочего давления (P) внутреннее покрытие (оболочка) стремится расширяться. Ввиду того что модуль упругости оболочки значительно больше модуля упругости трубопровода со стороны оболочки на внутреннюю стенку трубопровода подействует возникшее контактное напряжение (P_k). Следовательно, точка (т. В) трубы (U_1), а (т. В) для оболочки получит равное перемещение (U_2) (рисунок 8).

$$U_1 = U_2 \quad (1)$$

Перемещения (U_1) и (U_2) для оболочки защитного покрытия определяем по уравнениям, выведенным из решения задачи Ляме, при действующем давлении изнутри трубопровода (P), давление снаружи (P_k), давление на оболочку защитного покрытия изнутри – (P_k). Уравнения к решению задачи Ляме будут иметь вид:

$$U_1 = \frac{2 \cdot P \cdot c \cdot a^2}{E_T \cdot (c^2 - a^2)} - \frac{P_k \cdot c}{E_T} \cdot \left(\frac{c^2 + a^2}{c^2 - a^2} - \mu_T \right), \quad (2)$$

$$U_2 = \frac{P_k \cdot c}{E_0} \cdot \left(\frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2} + \mu_0 \right), \quad (3)$$

где P – давление жидкости (рабочее) внутри трубопровода; P_k – контактное давление (в месте соприкосновения оболочки с трубой); E_T и E_0 – модули упругости материалов трубы и оболочки соответственно; μ_T и μ_0 – коэффициенты Пуассона материалов трубы и оболочки; c – наружный радиальный размер трубопровода и внутренний радиус оболочки совместно; a – внутренний радиальный размер трубопровода; b – наружный радиальный размер оболочки защитного покрытия.

Производя подстановку уравнений 2 и 3 в равенство 1, получаем выражение определения контактного давления на поверхности соприкосновения комбинированной защитной оболочки с поверхностью трубопровода:

$$P_k = \frac{\frac{2 \cdot P}{E_T} \cdot \frac{a^2}{c^2 - a^2}}{\frac{1}{E_T} \cdot \left(\frac{c^2 + a^2}{c^2 - a^2} - \mu_T \right) + \frac{1}{E_0} \cdot \left(\frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2} + \mu_0 \right)}. \quad (4)$$

Вследствие соблюдения равенств: $a = c - \delta$, и $b = c + \delta_0$ и обозначения толщины стенок – δ_0 трубопровода и защитной оболочки соответственно, подстановки этих величин в выражение 4, учитывая два допущения: $\delta_T^2 \approx 0$, $\delta_0^2 \approx 0$, получаем выражение 5:

$$P_k = \frac{\frac{P}{E_T} \cdot \frac{c - 2 \cdot \delta_T}{\delta_T}}{\frac{1}{E_T} \cdot \left(\frac{c - \delta_T}{\delta_T} - \mu_T \right) + \frac{1}{E_0} \cdot \left(\frac{b^2 + \delta_0}{\delta_0} + \mu_0 \right)}. \quad (5)$$

Далее из выражений 6–8 получим напряжения, действующие в стенках трубопровода и защитной оболочки от давления рабочей жидкости в трубопроводе.

Для материала трубопровода в точке (А) представим выражения 6–8:

$$\sigma_{rA} = -P \quad (6)$$

$$\sigma_{\tau A} = P \cdot \frac{a^2 + c^2}{c^2 - a^2} - 2 \cdot P_{\kappa} \cdot \frac{c^2}{c^2 - a^2}, \quad (7)$$

Или

$$\sigma_{\tau A} = P \cdot \frac{c - \delta_T}{\delta_T} - P_{\kappa} \cdot \frac{c}{\delta_T}, \quad (8)$$

где σ_{rA} – радиальное напряжение в точке (т. А) трубопровода (рисунок 8); $\sigma_{\tau A}$ – тангенциальное (касательное) напряжение в точке (т. А) трубопровода.

Эквивалентное напряжение в точке (т. А) определим из выражения:

$$\sigma_{\text{экв.А}} = \sigma_{\tau A} - \sigma_{rA}.$$

Таким образом, учитывая формулы 7 и 8, получаем напряжения, действующие в стенках трубопровода в точке (т. А):

$$\sigma_{\tau A} = P \cdot \frac{c - \delta_T}{\delta_T} - P_{\kappa} \cdot \frac{c}{\delta_T} \quad (9)$$

Напряжения в стенке трубы в точке (т. В) получаем из выражения 10 преобразованием в уравнение 11:

$$\sigma_{rB_T} = -P_{\kappa}, \quad (10)$$

$$\sigma_{\tau B_T} = P \cdot \frac{2 \cdot a^2}{c^2 - a^2} - P_{\kappa} \cdot \frac{c^2 - a^2}{c^2 + a^2}. \quad (11)$$

Эквивалентное напряжение для материала стенки трубопровода в точке (В) определяем из выражения 12:

$$\sigma_{\text{экв.В}_T} = (P - P_{\kappa}) \cdot \left(\frac{c}{\delta_T} - 1 \right). \quad (12)$$

Тогда напряжение в стенке защитной оболочки в точке (т. В) можно определить из уравнений 13–14:

$$\sigma_{\tau B_0} = -P_{\kappa} \quad (13)$$

$$\sigma_{\tau B_0} = P \cdot \frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2}. \quad (14)$$

Для материала защитной оболочки трубопровода в точке (т. В) определим эквивалентное напряжение из выражения:

$$\sigma_{\text{экв.В}_0} = P_{\kappa} \cdot \left(\frac{c}{\delta_0} + 2 \right) \quad (15)$$

По формулам Ляме определим напряжение в стенке защитной оболочки в точке (т. D):

$$\sigma_{rD_0} = 0, \quad (16)$$

$$\sigma_{\tau D_0} = P_k \cdot \frac{2 \cdot c^2}{b^2 - c^2}. \quad (17)$$

Определим эквивалентное напряжение для материала стенки трубопровода в точке (т. D) выражением 18:

$$\sigma_{\text{экв.}D_0} = P_k \cdot \frac{c}{\delta_0}. \quad (18)$$

В результате целью расчетов является соблюдение выполнения условий: значения допускаемых напряжений σ_T и σ_0 – соответственно материала трубопровода и защитной оболочки должны быть больше эквивалентных напряжений в точках: $\sigma_{\text{экв.}A} \leq [\sigma_T]$ и $\sigma_{\text{экв.}B} \leq [\sigma_0]$.

Эпюра напряжений (тангенциальных и радиальных) показана на рисунке 8.

Рисунок 8 – Схема к расчету прочности стальной трубы при комбинированном защитном покрытии с эпюрами тангенциального σ_τ и радиального σ_r напряжений:

- 1 – комбинированное защитное покрытие внутренней стенки трубопровода;
2 – стальной (металлический) трубопровод

Figure 8 – Diagram for calculation of steel pipe strength at combined protective coating with tangential σ_τ and radial stress σ_r :

- 1 – combined protective coating of the inner wall of the pipeline; 2 – steel (metal) pipeline

Таблица 1 – Численные результаты проведенного расчета напряжений в точках

Table 1 – Numerical results of stress calculation at points

Контактное давление P_k , МПа / Contact pressure P_k , МПа	σ_r , МПа / МПа	$\sigma_{\tau A}$, МПа / МПа	$\sigma_{\tau B_0}$, МПа / МПа	$\sigma_{\tau D_0}$, МПа / МПа	$\sigma_{\tau B_1}$, МПа / МПа	$\sigma_{\text{экв.}A}$, МПа / МПа
1,81	- 1,81	4,61	34,05	32,23	4,23	6,43
1,98	-1,98	5,03	37,14	35,16	4,61	7,01
2,14	-2,14	5,45	40,24	38,09	5,00	7,60

Так как условие $\sigma_{\text{экв.}A} \leq [\sigma_T]$ выполняется, то обоснованно получаем вывод об обеспечении необходимой прочности защитного покрытия.

При допущении равенства толщины стенки трубопровода нулю и нагружении защитного покрытия трубопровода равномерным внутренним давлением, значения которого равны от 1,8; до 2,6 МПа с шагом 0,2 МПа, расчетные формулы напряжений будут иметь вид (выражения 19-20):

$$\sigma_r = -\frac{P \cdot a^2}{c^2 - a^2} \cdot \left(\frac{c^2}{r^2} - 1 \right) \quad (19)$$

$$\sigma_\tau = -\frac{P \cdot a^2}{c^2 - a^2} \cdot \left(\frac{c^2}{r^2} + 1 \right) \quad (20)$$

В случае соблюдения условия: $r=a$ достигаются максимальное сжатие (в радиальном направлении) и максимальное растяжение (в окружном направлении) в точках внутренней поверхности трубопровода (уравнения 24-25):

$$\max \sigma_r = -P \quad (21)$$

$$\max \sigma_\tau = P \cdot \frac{c^2 + a^2}{c^2 - a^2} \quad (22)$$

А при $r=c$ в точках наружной поверхности трубы выражения 21–22 будут иметь вид:

$$\sigma_r = 0 \quad (23)$$

$$\sigma_\tau = \frac{2 \cdot P \cdot a^2}{c^2 - a^2} \quad (24)$$

Расчеты, проведенные для вычисления максимальных напряжений, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные напряжения в наружной и внутренней частях испытуемого трубопровода

Table 2 – Maximum stresses in external and internal parts of the tested pipeline

Внутреннее давление P, МПа / Internal pressure P, MPa	Напряжения внутренней части трубы, Мпа / Internal pipe stresses, MPa		Напряжения наружной части трубы, МПа / External stress pipe parts, MPa	
	σ_r	σ_τ	σ_r	σ_τ
1,8	- 1,8	32,83	0	31,03
2,0	- 2,0	36,48	0	34,48
2,2	- 2,2	40,13	0	37,92
2,4	- 2,4	43,77	0	41,37
2,6	- 2,6	47,42	0	44,82

Выводы. Рекомендуется использование защитного покрытия в виде технологического рукава, пропитанного композицией ХТ – 170 при реконструкции металлических трубопроводов систем водоснабжения с физическим износом более 70 % по А.С. № 1569542 «Устройство для нанесения жидкости на внутреннюю поверхность трубопроводов».

Библиографический список

1. Веретенникова А. С., Дягелев М. Ю. Основные причины разрушения водоотводящих сетей и пути их устранения // Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе: материалы регионального научно-практического семинара. 2016. С. 148-151.

2. Гринь В. Г., Сафронова Т. И., Забиранов О. Б. Бестраншейная технология ремонта трубопроводов // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 12 частях. 2015. С. 41-42.
3. Гринь В. Г. Оптимизация технологии бестраншейного ремонта эксплуатируемых трубопроводов с применением гибких оболочек // Краснодар Наука Кубани. 2018. № 2. С. 76-82.
4. Красных Н. А. Мероприятия по улучшению технического состояния водопроводных систем города Краснодара // Сборник статей XXII международной научно-практической конференции. 2019. С. 62-65.
5. Майдеросова А. С. Использование технологии восстановления инженерных сетей путём нанесения внутренних цементно-песчаных покрытий // Синергия Наук. 2019. № 32. С. 572-579.
6. Сивков В. В., Белова В. А., Панкратова Я. А. Бестраншейный ремонт трубопроводов на примере г. Новороссийска // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. 2018. С. 140-142.
7. Степанчук Т. А., Ермак О. В. Бестраншейные способы ремонта изношенных трубопроводов с применением защитных покрытий // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. 2019. С. 14-17.
8. The research development of tubular textile composites application on the trenchless pipeline inversion lining rehabilitation technology / K. Luo [et al.] // Key Engineering Materials. 2015. V. 671. P. 306-314.
9. Trenchless installation, rehabilitation and replacement technologies for natural gas pipelines abroad / H. Lu [et al.] // Natural Gas Industry. 2018. N. 38 (3). P. 110-120.
10. Van Rooyen N., Bolton T. No dig! // Water Sewage and Effluent. 2018. N. 38 (6). P. 18-22.
11. Zanelidin E., Al Khatib O., Ahmed W. Investigating the use of no-dig technologies for underground utilities in developing countries // Innovative Infrastructure Solutions. 2020. № 1. P. 17.

Conclusion. Use of a protective coating in the form of the technological sleeve impregnated with HT composition - 170 is recommended at reconstruction of metal pipelines of water supply systems with physical wear more than 70% on Ampere-second. No. 1569542 "The device for putting liquid on the internal surface of pipelines".

Reference

1. Veretennikova A. S., Dyagelev M. Yu. The main reasons for the destruction of drainage networks and ways to eliminate them // Energy conservation in industry, housing and communal services and the agro-industrial complex: materials of the regional scientific and practical seminar. 2016. P. 148-151.
2. Grin V. G., Safronova T. I., Zabiranov O. B. Bestransheiny pipeline repair technology // Science and education in the life of modern society: a collection of scientific works on the materials of the International Scientific and Practical Conference: in 12 parts. 2015. P. 41-42.
3. Grin V. G. Optimization of the technology of trenchless repair of operated pipelines using flexible shells // Krasnodar Science of the Kuban. 2018. № 2. P. 76-82.
4. Krasnykh N. A. Measures to improve the technical condition of water supply systems in the city of Krasnodar // Collection of articles of the XXII International Scientific and Practical Conference. 2019. P. 62-65.
5. Maiderosova A.S. Using the technology of restoring engineering networks by applying internal cement-sand coatings // Synergy of Sciences. 2019. № 32. P. 572-579.
6. Sivkov V. V., Belova V. A., Pankratova Ya. A. Bestransheyny repair of pipelines on the example of Novorossiysk // Interaction of science and society: problems and prospects: a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference. 2018. P. 140-142.
7. Stepanchuk T. A., Ermak O. V. Bestransheynye methods of repair of worn-out pipelines using protective coatings // SPbPU Science Week: materials of a scientific conference with international participation. 2019. P. 14-17.
8. The research development of tubular textile composites application on the trenchless pipeline inversion lining rehabilitation technology / K. Luo [et al.] // Key Engineering Materials. 2015. V. 671. P. 306-314.

9. Trenchless installation, rehabilitation and replacement technologies for natural gas pipelines abroad / H. Lu [et al.] // Natural Gas Industry. 2018. N. 38 (3). P. 110-120.
10. Van Rooyen N., Bolton T. No dig! // Water Sewage and Effluent. 2018. N. 38 (6). P. 18-22.
11. Zanelidin E., Al Khatib O., Ahmed W. Investigating the use of no-dig technologies for underground utilities in developing countries // Innovative Infrastructure Solutions. 2020. № 1. P. 17.

Authors Information

Grin' Valentin Grigor'evich Kandidat sel'skhozyaistvennykh nauk, professor – Federal'noe gosudarstvennoe byudjetnoe obrazovatel'noe uchreждение vysshego obrazovaniya «Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I. T. Trubilina» (350044, Krasnodar, Kalinina St., 13), Telefon 8 905 401 69 15; ORCID 0000-0002-0735-7585 E-mail: grin_v_g@inbox.ru

Pakhomov Aleksandr Alekseyevich, Professor of the Department «Applied geodesy, environmental management and water management» of the Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (Russian Federation, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), Doctor of technical science, associate Professor. tel. +7(906)-175-08-37, E-mail: pahomoff.1954@yandex.ru.

Kolobanova Nina Alexandrovna, Associate Professor of the Department «Fire and technosphere safety» of the Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (Russian Federation, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), Candidate of technical science, associate Professor. tel. +7(917)-831-64-21, E-mail: kolobanova.nina@yandex.ru.

Shishkin Aleksandr Sergeevich Starshii prepodavatel' kafedry kompleksnykh sistem vodosnabzheniya – Federal'noe gosudarstvennoe byudjetnoe obrazovatel'noe uchreждение vysshego obrazovaniya «Kubanskii gosudarstvennyi ag-rarnyi universitet imeni I. T. Trubilina» (350044, Krasnodar, Kalinina St., 13) Telefon 8 962 878 37 49; ORCID 0000-0003-4258-0106 E-mail: schischa@inbox.ru

Сведения об авторах

Гринь Валентин Григорьевич, профессор Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г Краснодар, ул. Калинина, 13), кандидат сельскохозяйственных наук; Телефон 8 905 401 69 15; ORCID 0000-0002-0735-7585 E-mail: grin_v_g@inbox.ru

Пахомов Александр Алексеевич, профессор кафедры « Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор технических наук, доцент, тел. +7(906)-175-08-37, E-mail: pahomoff.1954@yandex.ru.

Колобанова Нина Александровна, доцент кафедры « Пожарная и техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат технических наук, доцент, тел. +7(917)-831-64-21, E-mail: kolobanova.nina@yandex.ru.

Шишкин Александр Сергеевич, старший преподаватель кафедры комплексных систем водоснабжения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; (350044, г Краснодар, ул. Калинина, 13); Телефон 8 962 878 37 49; ORCID 0000-0003-4258-0106 E-mail: schischa@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-43

FEATURES OF POLLUTION OF SEDIMENTS OF SMALL RIVERS WITH HEAVY METALS AS A RESULT OF VARIOUS ECONOMIC ACTIVITIES

B. I. Korzhenevskiy, G. Yu. Tolkachev, N. V. Kolomiitsev, T. A. Ilina

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakova», Moscow, Russia

Received 16.03.2021

Submitted 22.06.2021

Summary

The results of studies of small rivers in the Central Region are presented. The influence of pollution of the bottom sediments of these rivers by heavy metals entering the watercourses from enterprises, motor transport flows and other sources is estimated.