

**Перспективы использования стеклопластиковых
и полимерно-металлических труб в нефтегазовой отрасли**

А. А. Толмачев*, В. А. Иванов

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

**e-mail: svtolm@gmail.com*

Аннотация. Одним из важнейших критериев обеспечения безопасной эксплуатации объекта и повышения его долговечности является его надежность. Обеспечение безопасной эксплуатации трубопроводов во многом является проблемой повышения их надежности и долговечности и представляется сложной комплексной задачей, которая включает в себя решение как технических и технологических, так и экономических и организационных аспектов. На сегодняшний день чрезвычайные ситуации, связанные с разрывом и повреждением стальных трубопроводов в результате их эксплуатационного износа и воздействия внешних факторов, все еще остаются наиболее частой причиной возникновения аварий на нефтепромысле. Несмотря на то что этой проблеме посвящены достаточно многочисленные исследования, в настоящее время она еще полностью не решена, и многие вопросы до сих пор остаются открытыми. В работе рассматриваются перспективы использования стеклопластиковых и полимерно-металлических труб на нефтегазовом промысле как альтернативы применения стальных труб.

Ключевые слова: нефтепромысел; трубопроводы; комбинированные трубы

**Prospects of using fiberglass and polymer-metal pipes
in the oil and gas industry**

Artyom A. Tolmachev*, Vadim A. Ivanov

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**e-mail: svtolm@gmail.com*

Abstract. One of the most important criteria for ensuring the safe operation of the facility and increasing its durability is its reliability. Ensuring the safe operation of pipelines is in many ways a problem of increasing their reliability and durability and seems to be a complex task, which includes solving technical and technological, as well as economic and organizational aspects. To date, emergencies related to the rupture and damage to steel pipelines because of their operational wear and exposure to external factors are still the most frequent cause of accidents in the oil field. Despite the fact that numerous studies are devoted to this problem, at present it has not yet been completely resolved, and many questions still remain open. In this article, we are considering the prospects of using fiberglass and polymer-metal pipes in the oil and gas industry as an alternative to steel pipes.

Key words: oil field; pipelines; combined pipes

Введение

Первая волна индустриализации российского арктического севера началась в 1930-х гг. Для нее характерны разработка и добыча угольных месторождений в Воркуте, строительство Норильского горно-металлургического комбината, прокладка трансполярной железной дороги и др. [1]. Вторая индустриальная волна началась в 1960-х гг. и закончилась в 1990-х гг. [2]. Для нее характерны масштабные геолого-разведочные работы в регионе, создание центра добычи нефти и газа в Ямало-Ненецком автономном округе, а также массовое образование зон экологических катастроф (например, Земля Франца-Иосифа) [3].

Началом третьей волны индустриализации (или неоиндустриализации) арктического региона можно назвать 2013 год, когда правительство России утвердило Стратегию развития Арктической зоны Российской Федерации, утвердило федеральную программу социально-экономического развития этого макрорегиона до 2020 года и была создана Государственная комиссия по развитию Арктики [4]. Основными инициаторами третьей волны являются крупные промышленные (прежде всего, нефтегазодобывающие) компании и руководители арктических регионов Российской Федерации [5]. На сегодняшний день наиболее значительными достижениями в реализации этой программы являются формирование трех новых нефтегазодобывающих центров в Ямало-Ненецком автономном округе (Бованенковское, Новопортовское и Мессояхское месторождения), запуск завода по сжижению природного газа «Ямал СПГ», запуск Тамбейского газового центра и начало работ по освоению эталонных зон (Кольский, Архангельский, Ненецкий, Воркутский, Ямало-Ненецкий, Таймыро-Туруханский, Северо-Якутский и Чукотский).

Однако, проанализировав нынешнее развитие Арктики, можно выделить одну из важнейших проблем, которая связана с загрязнением территории из-за разливов нефтепродуктов в результате поломок устаревших стальных трубопроводов.

Методы исследования

В работе предполагается использование общенаучных (системный, синергетический, формально-логический) и специальных методов, которые позволяют выявить актуальную проблему исследования и предложить пути ее решения.

Результаты

В настоящее время и предшествующие годы все острее ощущается проблема загрязнения Арктики. По данным за 2017 год, протяженность трубопроводов в Арктике составляет более 257 000 км. Диаметр этих трубопроводов варьируется от 114 до 1 420 мм. Большинство из этих трубопроводов были установлены еще в 70–80-х гг. XX века. При условии того что срок эксплуатации даже современных стальных труб согласно нормативной документации не должен превышать 30 лет, использование нефтепроводов и газопроводов, построенных в те года, крайне опасно.

Как показал анализ ежегодных отчетов о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору с 2004 по 2017 гг., основной причиной возникновения аварийных ситуаций на нефтепромыслах все еще остаются разгерметизация и разрушение технических устройств в результате физического износа, коррозии металла трубы или растрескивания под напряжением. Ежегодно на нефтепромыслах происходит до 70 000 отказов трубопроводов. Только по данным ПАО НК «Роснефть» за 2017 год, в целом по России у компании было зафиксировано 5 312 случаев отказов трубопроводов с разливами нефти, и всего было разлито 684,3 т нефти

и нефтепродуктов. А ведь кроме этой компании есть еще и ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Сургутнефтегаз», British Petroleum, Shell и многие другие, у которых также возникают проблемы с отказами трубопроводов в ходе их эксплуатации. Крупные нефтяные компании тратят значительные средства на ремонт ветхих трубопроводов и рекультивацию загрязненных земель: только в 2017 году на реконструкцию трубопроводов «Роснефть», ЛУКОЙЛ и «Сургутнефтегаз» суммарно потратили 16,5 млрд руб. (≈ 253 млн долл. США), а в 2018 году эта сумма выросла до 22,13 млрд руб. (≈ 342 млн долл. США).

На сегодняшний день российская Арктическая зона представляет собой достаточно загрязненную территорию: критический уровень загрязнения существует на площади не менее 15 % от площади региона [6]. Арктическая зона со сверхнизкими температурами и экранирующим эффектом многолетнемерзлых пород обусловили наличие экранирующего эффекта, который позволяет загрязняющим веществам достаточно долго негативно воздействовать на природные факторы окружающей среды и на само здоровье человека. Одними из объектов накопленного экологического ущерба в арктической зоне Российской Федерации являются постоянные источники экологической угрозы в виде нефтезагрязненных территорий, полученные из-за аварийного износа нефтепроводов и газопроводов.

Применение альтернативы стальным трубам (как, например, труб из полиэтилена) на нефтегазовых промыслах может помочь сократить энергозатраты и трудозатраты нефтедобывающих компаний, а также снизить риск возникновения экологических бедствий, связанных с разливами нефти в Арктике.

Обсуждение

В результате поиска различных материалов для замены стальных трубопроводов, работающих при высоких давлениях, во второй половине XX века началось использование труб из термопластов. Однако в начале их использовали только для строительства трубопроводных систем низкого давления [7]. Впервые же термопластичные трубы для подземных гравитационных трубопроводов были использованы в Германии и Голландии. В Скандинавии термопластичные трубы используются с конца 1960-х гг. для строительства подземных трубопроводов. В России отечественные термопластичные трубопроводы использовались только в качестве технологических трубопроводов. Но с 1957 года термопластичные трубопроводы используются для водопроводов и канализационных коллекторов, а затем для строительства подземных газопроводов [8]. Достоинствами в использовании таких труб были их коррозионная стойкость, высокая степень герметичности при сварном соединении, низкая стоимость. Однако широкого распространения в СССР, а затем и в России трубы из полиэтилена на нефтегазовом месторождении не получили. Это связано, прежде всего, с тем, что ранее трубы из термопластов имели относительно низкую несущую способность и, как следствие, низкое рабочее давление транспортируемой среды (не более 1,0 МПа). Со временем характеристики отечественной трубной продукции улучшились. Например, полиэтиленовые трубы ПЭ 100 стали выдерживать рабочее давление транспортируемой среды до 2,5 МПа. Но по сравнению со стальными трубами этого было недостаточно.

Ситуация со стеклопластиковыми трубами была совершенно иной. В середине 50-х гг. XX века было освоено промышленное производство термопластичного связующего стекловолокна, что и обусловило возникновение производства стеклопластиковых труб с бесспорными достоинствами в виде низкой массы, высокой коррозионной стойкости, высокой удельной прочности. Однако данные преимущества использования стеклопластиковых труб упирались в

низкие цены на использование в трубопроводной промышленности ставших уже традиционными материалов: стали, нержавеющей стали, меди, алюминия. И только спустя десятилетия стеклопластиковые трубы смогли стать конкурентоспособными вследствие удорожания легированной стали и алюминия на мировом рынке; активного освоения месторождений углеводородов на морском шельфе и в труднодоступных районах, что обусловило необходимость применения легких и устойчивых к коррозии труб; совершенствования качества и технологии производства стеклопластиковых труб.

Ведущим производителем стеклопластиковых труб высокого давления (до 30 МПа) для нефтяных месторождений в это время выступала компания Ameron (США) [9]. Крупномасштабное производство позволило в том числе освоить нефтяные месторождения Северной Америки и Ближнего Востока в 70–80-х гг. XX века. Активное освоение технологии производства стеклопластиковых труб происходило в Европе и Японии.

В СССР также начались эксперименты по использованию стеклопластиковых труб, но в связи с режимом секретности новые технологии распространялись в гражданской промышленности очень медленно [10]. В связи с быстрым ростом производства стекловолокна в зарубежных странах СССР также начал работу в этом направлении — были привлечены ученые из Академии наук, создана лаборатория анизотропных структур для исследования анизотропных стекловолокнистых материалов. Но материалы использовались только в военной и оборонной промышленности [11]. В результате то, что стало давно в США, Японии и ряде европейских стран стандартным решением при монтаже трубопроводных систем, в России так и не получило популярность из-за консерватизма проектных и строительных организаций, а также не решенных до недавнего времени проблем по стандартизации [12].

Сегодня стеклопластиковые трубы производятся такими российскими компаниями, как, например, ООО «РеноТЭК», ООО «БиоПласт» и др. Ассортимент выпускаемых ими труб очень широк как по диаметру (от 50 до 1 420 мм), так и в области их использования (таблица). Кроме того, большинство труб рассчитаны на рабочее давление не менее 25 МПа и срок службы не менее 50 лет [13].

Характеристики стеклопластиковых труб компаний ООО «РеноТЭК» и ООО «БиоПласт»

Показатель	ООО «РеноТЭК»	ООО «БиоПласт»
Диаметр, мм	59–530	59–2 000
Давление, МПа	до 27	до 25
Температура рабочей среды, °С	–60...+160	–40...+135
Жесткость, Н/м ²	5 000–10 000	5 000
Допустимая деформация, %	До 18	До 18
Растяжение в поперечном направлении, Н/мм	356	360
Растяжение в осевом направлении, Н/мм	169	360
Срок службы, лет	50	50

Но среди достоинств таких труб есть недостатки.

Соединение таких труб является разъёмным (или патрубки с уплотнительными гильзами и фиксацией по осям (рис. 1), или резьбовое соединение с герметизирующим раствором (рис. 2)), что не соответствует в полной мере требованиям безопасности в нефтегазовой промышленности.

Также основной проблемой при укладке в грунты данных труб все еще остаются соединительные узлы. При возможной деформации трубопровода в

местах соединения сварных секций нарушается специальный защитный слой, призванный обеспечить герметичность трубы [14].

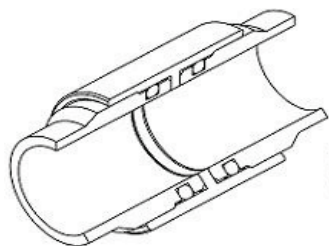


Рис. 1. Соединение стеклопластиковых патрубков при помощи уплотнительной гильзы с фиксацией по осям

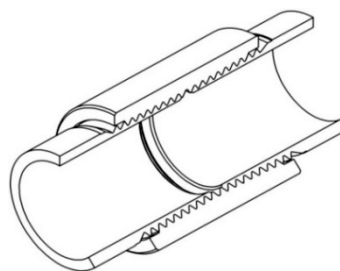


Рис. 2. Резьбовое соединение стеклопластиковых труб с использованием герметизирующего раствора

Решением проблемы для увеличения несущей способности полиэтиленовых труб и характеристик герметизации стеклопластиковых трубопроводов стала разработка новой технологии изготовления труб. Суть технологии заключается в том, что на внешнюю поверхность полиэтиленовой или полипропиленовой трубы наматывается стеклопластиковая оболочка, обеспечивающая адгезию между поверхностями. Такие трубы называются стеклопластиковыми композитами. Преимущество труб этого типа заключается в их равной прочности друг с другом (полиэтиленовые части соединяемых труб при сварке встают встык, а стеклопластиковые оболочки соединяются с помощью муфт и герметизируют трубопровод). Также трубопроводы этого типа рассчитаны на высокое рабочее давление (как пример, до 20,0 МПа при использовании их для транспортировки водонефтяных эмульсий/сточных вод с нефтяных месторождений или до 4,0 МПа для попутного нефтяного газа) [7]. При этом результаты испытаний стеклопластиковых труб позволяют прогнозировать срок службы не менее 50 лет [15]. Кроме того, в результате проведенных испытаний выявлена зависимость величины рабочего давления, толщины стенки стеклопластиковой оболочки трубопровода и гарантированного срока эксплуатации [7]. Данная зависимость необходима для разработки технологии производства и эксплуатации в дальнейшем бикомпозитных трубопроводов.

Другой альтернативой стальным трубам являются гибкие полиметаллические трубы. Конструкция гибких полимерно-металлических труб состоит из слоев высокопрочной стали, чередующихся с полимерными оболочками [16]. Это делает трубопроводы данного типа устойчивыми к экстремальным температурам и давлению, динамике потока транспортируемой жидкости, движению траншейных грунтов (пучению), транспортным, монтажным и технологическим нагрузкам. Большая строительная длина отдельных секций, их гибкость и небольшой радиус изгиба гибких полимерно-металлических труб уменьшают объем строительно-монтажных работ [17].

К преимуществам гибких полимерно-металлических труб можно отнести следующие:

- высокая химическая стойкость к нефти, пластовым сточным водам, содержащим сероводород, диоксид углерода, механические примеси, свободный кислород, ионы активного хлора, а также к нефтепродуктам и т. д.;
- увеличенная пропускная способность;
- низкое гидравлическое сопротивление;
- высокая долговечность (более 40 лет) [18].

Во время эксплуатации трубопроводов из гибких полимерно-металлических труб были выявлены некоторые конструктивные особенности:

- гидравлические удары в трубопроводе из гибких полимерно-металлических труб в 1,5–2 раза меньше, чем в стальных трубах из-за более низкого модуля упругости материалов, входящих в конструкцию;
- трубопровод, собранный из таких труб, не разрушается при замерзании в нем воды из-за высокой упруго-деформационной способности конструкции;
- полимерные материалы, входящие в конструкцию гибких полимерно-металлических труб, имеют низкий коэффициент теплопроводности, что сводит к минимуму образование конденсата на наружной поверхности и замерзание на внутренней поверхности труб;
- низкая электропроводность полимерных материалов, входящих в конструкцию гибких полимерно-металлических труб, исключает возможность возникновения блуждающих токов в них и связанных с ними коррозионных повреждений трубопровода;
- гибкость и высокая деформирующая способность гибких полимерно-металлических труб обеспечивает их адаптацию к любой местности и к любому составу почвы.

Учитывая все вышесказанное, гибкие полиметаллические трубы являются достойной альтернативой стальным трубам. Однако есть и некоторые недостатки этих труб. При эксплуатации трубопроводов такой конструкции было выявлено, что они могут изменять глубину залегания, а в отдельных случаях проходят и по поверхности траншеи. Переменное высокое давление в трубопроводах может обусловить деформацию вследствие механических воздействий и стать причиной разрушения труб с большим изгибом, так как образуются ослабленные зоны во внутренней оболочке от сползания спиральной навивки металлокарда [7].

Кроме того, анализ российского рынка за 2019 год показал, что цены на гибкие полиметаллические трубы в среднем примерно в несколько раз превышают цены на стальные трубы. Однако несмотря на это, приведенные затраты на такие трубопроводы сопоставимы со стальными.

Выводы

На сегодняшний день наиболее приемлемой альтернативой стальным трубам в нефтегазовой сфере являются комбинированные стеклопластиковые и гибкие полиметаллические трубы [19].

Стеклопластиковые композитные трубы все еще нуждаются в улучшении конструкции стыковочных узлов, уменьшении негативного воздействия углеводородов на полиэтилен, а также в увеличении их несущей способности. Что касается гибких полимерно-металлических труб, то их главной проблемой является достаточно высокая стоимость изготовления, что препятствует их широкому применению в нефтегазовой промышленности [20]. В настоящее время мы продолжаем экспериментальные работы по определению возможности долгосрочного безаварийного использования данного типа труб как альтернативы стальным трубопроводам.

Библиографический список

1. Селин В. С. Третья парадигма развития российской Арктики // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 21 – С. 17–25.
2. Тимошенко А. И. Арктика и Северный морской путь в экономическом развитии Сибири // Экономическое развитие Сибири: материалы Сибирского исторического форума (Красноярск, 12–13 октября 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 130–134.
3. Молчанов А. С., Рюмин Д. А. Проблемы ликвидации экологического ущерба на архипелаге Земля Франца-Иосифа и островах Северный, Новая Земля // Ломоносовские

научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых — 2017. Сб. материалов конф. — М., 2017. — С. 1287–1290.

4. Лохова Т. В., Михайленко А. В. Экономический рост и неоиндустриализация России // Вестник Новороссийского филиала Финансового университета, посвящ. Дню российской науки. — Краснодар, 2017. — С. 46–52.

5. Лайпанова А. Д., Крайнова Э. А. Зоны национальных интересов нефтегазовых компаний в Арктике и их привлекательности // Инновации и инвестиции. — 2018. — № 3. — С. 178–186.

6. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (дата обращения: 01.04.2019).

7. Ращепкин А. К. Применение комбинированных труб из термопластов при строительстве трубопровода // Проблемы строительного комплекса России: материалы 19-й Междунар. науч.-техн. конф. (Уфа, 10–12 марта 2015 г.) — Уфа, 2015. — С. 358–359.

8. К реконструкции трубопроводов трубами из НПВХ / А. А. Отставнов [и др.] // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. — 2010. — № 7 (103). — С. 12–15.

9. Sperling L. H. History of interpenetrating polymer networks starting with bakelite-based compositions // 100+ Years of Plastics. Leo Baekeland and Beyond. — American Chemical Society, 2011. — P. 69–82. DOI: 10.1021/bk-2011-1080.ch005

10. Ягубов Э. З. Стеклопластиковые трубы: проблемы и перспективы применения в нефтегазовой промышленности // Технологии нефти и газа. — 2006. — № 5 (46). — С. 61–67.

11. Soltis D. Industry update // Water Engineering & Management. — 2001. — Vol. 148, Issue 8. — P. 42.

12. Лифанов В. Я. Трубная промышленность сегодня и завтра (к итогам XXIII Международной научно-практической конференции «Трубы-2018») // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. — 2018. — № 11. — С. 5–12. DOI: 10.32339/0135-5910-2018-11-5-12

13. Цахая Н. Д., Ягубов Э. З., Ягубов З. Х. Стеклопластиковые трубы для повышенной герметичности для нефтегазовой промышленности // Академический журнал Западной Сибири. — 2013. — № 4 (47). — С. 35.

14. Башкова М. Н., Зоря И. В. Сравнительный анализ эффективности работ металлических и стеклопластиковых труб дегазационных газопроводов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. — 2017. — № 3. — С. 481–483.

15. Волков А. С. Применение композитных трубопроводов в нефтяных компаниях // Нефть. Газ. Новации. — 2017. — № 5. — С. 44–47.

16. Галина И. Ф., Глазков А. С., Перспективы развития и применения полимерно-металлических труб в промышленных нефтепроводах // 66-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых — Уфа: УГНТУ, 2015. — С. 85–87.

17. Изосимов А. М., Опарин В. Б. О регламентации проектирования технологических трубопроводов из гибких полимерно-металлических труб // Бурение и нефть. — 2009. — № 10. — С. 65–66.

18. Кузнецов А. В. Определение механических свойств полипропиленового шпатага // Современные технологии подготовки кадров и повышение квалификации специалистов нефтегазового производства: тезисы Междунар. науч.-практ. конф. / Отв. ред. В. К. Тянь. — Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2014. — С. 93.

19. Иванов В. А., Соколов С. М. Решения по надежности систем обустройства нефтяных месторождений Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. — 2017. — № 6. — С. 73–77. DOI: 10.31660/0445-0108-2017-6-73-77

20. Толмачев А. А., Иванов В. А., Чулочный метод ремонта трубопроводов // Нефтегазовый терминал: сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. — Тюмень, 2015. — С. 182–186.

References

1. Selin, V. S. (2013). Tret'ya paradigma razvitiya rossiyskoy Arktiki. Regional Economics: Theory and Practice, (21), pp. 17-25. (In Russian).

2. Timoshenko, A. I. (2016). Arktika i Severnyy morskoy put' v ekonomicheskom razvitiy Sibiri. Ekonomicheskoye razvitiye Sibiri: materialy Sibirskogo istoricheskogo foruma (Krasnoyarsk, October 12-13, 2016). Krasnoyarsk, pp. 130-134. (In Russian).

3. Molchanov, A. S., & Ryumin, D. A. (2017). Problemy likvidatsii ekologicheskogo ushcherba na arhipelage Zemlya Frantsa-Iosifa i ostrovakh Severnyy, Novaya Zemlya. Lomonosovskiy nauchnyy chteniya studentov, aspirantov i molodykh uchennykh - 2017. Sbornik materialov konferentsii. Moscow, pp. 1287-1290. (In Russian).

4. Lokhova, T. V., & Mikhaylenko, A. V. (2017). Ekonomicheskiy rost i neoindustrializatsiya Rossii. Vestnik Novorossiyskogo filiala Finansovogo universiteta, posvyashch. dnyu rossiyskoy nauki. Krasnodar, pp. 46-52. (In Russian).

5. Laypanova, A. D., & Kraynova, E. A. (2018). Zony natsional'nykh interesov neftegazovykh kompaniy v Arktike i ikh privilekatsionnosti. *Innovation & Investment*, (3), pp. 178-186. (In Russian).
6. Ezhegodnyye otchety o deyatelnosti Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. (In Russian). Available at: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (Accessed 01.04.2019).
7. Rashchepkin, A. K. (2015). Primeneniye kombinirovannykh trub iz termoplastov pri stroitel'stve truboprovoda. Problemy stroitel'nogo kompleksa Rossii: materialy devyadnadsatoy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Ufa, March 10-12, 2015). Ufa, pp. 358-359. (In Russian).
8. Ostavnov, A. A., Ustyugov, V. A., Khrenov, K. Yu., & Kharkiv, V. A. (2010). K rekonstruktsii truboprovodov trubami iz NPVKH. C.O.K. (Plumbing. Heating. Air Conditioning. Energy saving.), (7(103)), pp. 12-15. (In Russian).
9. Sperling, L. H. (2011). History of interpenetrating polymer networks starting with bakelite-based compositions. 100+ Years of Plastics. Leo Baekeland and Beyond. American Chemical Society, pp. 69-82. (In English). DOI: 10.1021/bk-2011-1080.ch005
10. Yagubov, E. Z. (2006). Stekloplastikovyye truby: problemy i perspektivy primeneniya v neftegazovoy promyshlennosti. *Oil and Gas Technologies*, (5(46)), pp. 61-67. (In Russian).
11. Soltis, D. (2001). Industry update. *Water Engineering & Management*, 148(8), pp. 42. (In English).
12. Lifanov, V. Ya. (2018). Pipe industry today and tomorrow (as per results of the XXIII-rd International scientific and practical conference "Pipes-2018"). *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*, (11), pp. 5-12. (In Russian). DOI: 10.32339/0135-5910-2018-11-5-12
13. Tskhadaya, N. D., Yagubov, E. Z., & Yagubov, Z. Kh. (2013). Stekloplastikovyye truby dlya povyshennoy germetichnosti dlya neftegazovoy promyshlennosti. *Academic Journal of West Siberia*, (4(47)), pp. 35. (In Russian).
14. Bashkova, M. N., & Zorya, I. V. (2017). Sravnitel'nyy analiz effektivnosti rabot metallicheskikh i stekloplastikovykh trub degazatsionnykh gazoprovodov. *Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*, (3), pp. 481-483.
15. Volkov, A. S. (2017). Primeneniye kompozitnykh truboprovodov v neftyanykh kompaniyakh. *Neft'. Gaz. Novatsii*, (5), pp. 44-47. (In Russian).
16. Galina, I. F., & Glazkov, A. S. (2015). Perspektivy razvitiya i primeneniya polimerno-metallicheskikh trub v promyshlennykh nefteprovoda. 66-ya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. Ufa, UGNTU Publ., pp. 85-87. (In Russian).
17. Izosimov, A., & Oparin, V. (2009). On regulating of designing of technologic pipelines made of flexible polymeric-metallic pipes. *Burenie i neft'*, (10), pp. 65-66. (In Russian).
18. Kuznetsov, A. V. (2014). Opredeleniye mekhanicheskikh svoystv polipropilenovogo shpagata. *Sovremennyye tekhnologii podgotovki kadrov i povysheniye kvalifikatsii spetsialistov neftegazovogo proizvodstva: tezisy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Samara, Samara State Technical University Publ., pp. 93. (In Russian).
19. Ivanov, V. A., & Sokolov, S. M. (2017). Solutions for the system reliability of field facilities of West Siberian oil fields. *Oil and Gas Studies*, (6), pp. 73-77. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2017-6-73-77
20. Tolmachev, A. A., & Ivanov, V. A. (2015). Chulochnyy metod remonta truboprovodov. *Neftegazovyy terminal: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Tyumen, pp. 182-186. (In Russian).

Сведения об авторах

Толмачев Артем Алексеевич, аспирант кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: svtolm@gmail.com

Иванов Вадим Андреевич, д. т. н., профессор кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Information about the authors

Artyom A. Tolmachev, Postgraduate at the Department of Transportation of Hydrocarbon Resources, Industrial University of Tyumen, e-mail: svtolm@gmail.com

Vadim A. Ivanov, Doctor of Engineering, Professor at the Department of Transportation of Hydrocarbon Resources, Industrial University of Tyumen