

*Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 5 (133). С. 57-67. ISSN 1998-8443 (print)*

*Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2021. Issue 5 (133). P. 57-67. ISSN 1998-8443 (print)*

Научная статья

УДК 622.692.4.076.620.193/.197

doi: 10.17122/ntj-oil-2021-5-57-67

## ВЛИЯНИЕ БИОЗАРАЖЕННОСТИ И ЦИКЛИЧНОСТИ РЕЖИМОВ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ИХ КАЧЕСТВО И КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА

Лариса Петровна Худякова<sup>1</sup>, Рустам Ахматнурович Харисов<sup>2,3</sup>,  
Григорий Петрович Хованов<sup>4</sup>, Андрей Александрович Кузнецов<sup>5</sup>,  
Фёдор Владимирович Тимофеев<sup>6</sup>, Андрей Алексеевич Новиков<sup>7</sup>,  
Ильшат Ревинерович Фархетдинов<sup>8,9</sup>

<sup>1,2,8</sup>Научно-технический центр трубопроводного транспорта

Научно-исследовательского института трубопроводного транспорта, Уфа, Россия

<sup>4,5,7</sup>Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта, Москва, Россия

<sup>6</sup>Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва, Москва, Россия

<sup>3,9</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

<sup>1</sup>HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

<sup>2</sup>HarisovRA@niitnn.transneft.ru

<sup>4</sup>HovanovGP@niitnn.transneft.ru

<sup>5</sup>KuznetcovAA@niitnn.transneft.ru

<sup>7</sup>NovikovAA@niitnn.transneft.ru

<sup>8</sup>Farhetdinovir@niitnn.transneft.ru

Автор, ответственный за переписку: Лариса Петровна Худякова,

HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние цикличности режимов перекачки реактивного топлива и смеси с дизельным топливом и подтоварной водой на коррозионные процессы и изменение качества перекачиваемого нефтепродукта. Показано влияние биозараженности топлива и подтоварной воды на их коррозионную активность.

Результаты исследований влияния цикличности режимов перекачки нефтепродуктов указывают на повышение температуры топлива и смеси, усиление скорости коррозионных процессов и изменение качества реактивного топлива ТС-1 при возрастании скорости перекачки.

Показатели качества реактивного топлива (термоокислительная стабильность и кислотность) в исследуемом интервале скоростей и времени испытаний изменяются в пределах нормы, но имеют тенденцию к увеличению степени окисления испытуемых проб топлива.

Удельная электропроводимость смеси реактивного топлива с дизельным в присутствии 0,1 % подтоварной воды превышает нормативные показатели при увеличении скорости движения смеси до 1,83 м/с.

---

**Ключевые слова:** коррозионная стойкость, реактивное топливо, дизельное топливо, подтоварная вода, биозараженность, качество топлива, режимы транспорта топлива, цикличность

---

**Для цитирования:** Худякова Л. П., Харисов Р. А., Хованов Г. П., Кузнецов А. А., Тимофеев Ф. В., Новиков А. А., Фархетдинов И. Р. Влияние биозараженности и цикличности режимов перекачки нефтепродуктов на их качество и коррозионные свойства // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 5 (133), С. 57-67. <http://doi10.17122/njt-oil-2021-5-57-67>.

Original article

## INFLUENCE OF BIOLOGICAL CONTAMINATION AND CYCLICITY OF PUMPING OIL PRODUCTS REGIMES ON THEIR QUALITY AND CORROSION PROPERTIES

Larisa P. Hudyakova<sup>1</sup>, Rustam A. Harisov<sup>2,3</sup>, Grigoriy P. Khovanov<sup>4</sup>, Andrey A. Kuznetsov<sup>5</sup>, Fedor V. Timofeev<sup>6</sup>, Andrey A. Novikov<sup>7</sup>, Ilshat R. Farhetdinov<sup>8,9</sup>

<sup>1,2,8</sup>Scientific and Technical Center, Transneft R&D, Ufa, Russia

<sup>4,5,7</sup>Pipeline Transport Institute, Transneft R&D, Moscow, Russia

<sup>6</sup>Research Institute for Storage Problems of ROSREZERVA, Moscow, Russia

<sup>3,9</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

<sup>1</sup>HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

<sup>2</sup>HarisovRA@niitnn.transneft.ru

<sup>4</sup>HovanovGP@niitnn.transneft.ru

<sup>5</sup>KuznetcovAA@niitnn.transneft.ru

<sup>7</sup>NovikovAA@niitnn.transneft.ru

<sup>8</sup>Farhetdinovir@niitnn.transneft.ru

Corresponding author: Larisa P. Hudyakova, HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

**Abstract.** The article discusses the influence of the cyclicity of modes of pumping jet fuel and a mixture with diesel fuel and produced water on corrosion processes and changes in the quality of the pumped oil product. The effect of biocontamination of fuel and produced water on their corrosiveness is shown.

The results of studies of the influence of the cyclicity of pumping modes of oil products indicate an increase in the temperature of the fuel and mixture, an increase in the rate of corrosion processes and a change in the quality of jet fuel TS-1 with an increase in the pumping speed.

The quality indicators of jet fuel (thermo-oxidative stability and acidity) in the investigated range of speeds and test times vary within the normal range, but tend to increase the oxidation state of the tested fuel samples.

The specific electrical conductivity of a mixture of jet fuel with diesel in the presence of 0.1 % of produced water exceeds the standard values with an increase in the speed of the mixture to 1.83 m/s.

---

**Keywords:** corrosion resistance, jet fuel, diesel fuel, produced water, biocontamination, fuel quality, fuel transport modes, cyclicity

---

**For citation:** Hudyakova L. P., Harisov R. A., Khovanov G. P., Kuznetsov A. A., Timofeev F. V., Novikov A. A., Farhetdinov I. R. Vliyaniye biozarazhennosti i tsiklichnosti rezhimov perekachki nefteproduktov na ikh kachestvo i korrozionnyye svoystva. [Influence of Biological Contamination and Cyclicity of Pumping Oil Products Regimes on Their Quality and Corrosion Properties]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2021, Issue 5 (133), pp. 57-67. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-5-57-67>.

Обеспечение сохранности качества топлив при их транспортировке от нефтеперерабатывающих заводов к потребителю является одной из основных задач системы трубопроводного транспорта - важнейшего звена системы обеспечения химмотологической безопасности применения топлив и обеспечения надежности и эффективности работы техники [1-3].

Основными факторами, воздействующими на изменение показателей качества топлива и на коррозионные процессы внутренней поверхности нефтепродуктопроводов, являются растворенные в нефтепродуктах кислород, вода и биозараженность. В услови-

ях отсутствия воды жизнедеятельность микроорганизмов затруднена, в реальных же условиях транспорта и хранения топлив освободиться от влаги практически невозможно. Содержание воды в топливе ТС-1, в количестве 0,001-0,002 % и конденсационной влаги от «дыхательной» аппаратуры резервуаров достаточно, чтобы начался интенсивный рост микроорганизмов, усиление коррозионных процессов и, как следствие, снижение показателей качества топлива.

При хранении и транспорте авиакеросинов в них накапливаются полупродукты окисления и органические кислоты, которые вызывают коррозию низколегированных ста-

лей. Кроме того, заражение топлив микроорганизмами, активная жизнедеятельность которых наблюдается особенно интенсивно в первые 15-30 сут хранения и транспорта при температурах 6-34°C и рН среды от 1 до 10, является, как показали исследования [4], основной причиной развития локальных коррозионных дефектов, вплоть до сквозных, на внутренней поверхности металла (без специализированного покрытия), контактирующего с авиакеросином ТС-1.

Влияние биозараженности топлив и подтоварной воды на их коррозионную активность подтверждается и многими другими авторами [5-12].

Определение микробиологической зараженности реактивного топлива ТС-1, подтоварной воды и металла (сталь 17Г1С), используемых при исследованиях, проводили методом предельного разведения, который включает последовательное (десятикратное) разведение анализируемой пробы в селективной питательной среде, регистрацию наличия или отсутствия роста бактерий во флаконах после инкубации их в термостате и расчет наиболее вероятного числа клеток бактерий, содержащихся в 1 мл пробы.

Результаты проведенных микробиологических исследований показали высокую степень биозараженности подтоварной воды: титр сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ) в ней составил  $10^6$  КОЕ/мл, аэробных бактерий (АБ) -  $10^4$  КОЕ/мл и углеводород-окисляющих бактерий (УОБ) -  $10^2$  КОЕ/мл.

Микробиологическая зараженность реактивного топлива представлена УОБ в количестве  $10^3$  КОЕ/мл.

Внутренняя поверхность металла, эксплуатируемого в среде реактивного топлива ТС-1, также заражена СВБ и УОБ в количествах  $10^3$  КОЕ/см<sup>2</sup>. СВБ в ассоциации с другими бактериями адсорбируются на поверхности металла, что обостряет коррозионную обстановку и может привести к образованию коррозионных язв на поверхности металла. Такой же уровень биозараженности отмечается и в образце внутритрубных отложений, что подтверждает тезис об активной адсорбции

коррозионноопасных микроорганизмов на стенке нефтепродуктопровода.

Наличие УОБ в керосине и дизельном топливе (ДТ) опасно тем, что при их росте и развитии в углеводородах происходит постепенная деструкция нефтепродуктов. При этом высокомолекулярные цепочки парафинов (C<sub>14</sub>-C<sub>18</sub>) расщепляются на более мелкие фрагменты (C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>), увеличивая в составе нефтепродуктов легкокипящие компоненты на 2-3 % [7-9]. Процессы микробной деструкции топлив приводят к изменению их фракционного состава, появлению в топливе водорастворимых кислот и ухудшению эксплуатационных свойств и качества нефтепродуктов [12].

Важным показателем качества топлива является его электрическая проводимость. Реактивные топлива являются диэлектриками, поскольку состоят из неполярных или слабополярных углеводородов. При наличии в них даже незначительных количеств полярных соединений и воды они могут накапливать заряды в своём объёме при перекачке.

Исследование влияния режимов и цикличности транспортировки нефтепродуктов на сохранение их качества, а также на состояние поверхности трубопровода линейной части магистрального нефтепродуктопровода (ЛЧ МНПП) выполнялось моделированием режимов перекачки нефтепродуктов с помощью верхнеприводной мешалки с фиксированными частотами вращения.

Для испытаний использовались ячейка и перемешивающее устройство из инертных материалов, не влияющих на качество нефтепродуктов при длительном контакте [13].

Моделирование выполнялось на реактивном топливе ТС-1 и смеси ТС-1, ДТ и подтоварной воды (с содержанием ДТ в смеси 0,5 % и подтоварной воды 0,1 % по объёму).

В ходе исследований моделировались различные режимы транспортировки нефтепродуктов, при этом определяющим параметром назначалась скорость течения нефтепродукта в трубопроводе (в условиях эксперимента - в объёме, контактирующем с поверхностью образца материала трубопровода), в

процессе эксперимента фиксировали исходную температуру нефтепродукта, температуру по окончании цикла, время непрерывных испытаний (цикла), время между циклами, количество циклов.

Каждый цикл экспериментальных исследований составлял 60 мин, а последующий цикл начинался после снижения температуры нефтепродукта до исходной.

Для испытаний использовались образцы из стали 17Г1С (материала трубопровода ЛЧ МНПП, нового и бывшего в эксплуатации (б/э)).

Образцы активировали выдержкой в течение 1 мин в 15 %-м водном растворе соляной кислоты, затем тщательно промывали водопроводной и дистиллированной водой, высушивали, упаковывали в фильтровальную бумагу, выдерживали в эксикаторе с влагопоглотителем не менее 1 ч, взвешивали.

Взвешенные образцы размещали на оснастке в установке для проведения исследований (рисунок 1), заполняли емкость для испытаний модельной средой и фиксировали время и исходную температуру. Включали перемешивание среды с заданной скоростью

(1000, 2000 и 3000 об/мин) с помощью мешалки. Расчет усредненной скорости потока проводили по РД 26-01-90-85 «Механические перемешивающие устройства. Метод расчета» по формуле:

$$V_{cp} = 4,35nd_m \left( \frac{z_m \xi_m}{\Gamma_D^2 \gamma} \right)^{1/3},$$

где  $n$  - частота вращения мешалки,  $c^{-1}$ ;

$d_m$  - диаметр ротора (якоря) мешалки, м;

$\Gamma_D$  - отношение диаметров: внутреннего диаметра емкости и диаметра ротора (якоря) мешалки ( $D/d_m$ );

$z_m$  - число мешалок на валу;

$\xi_m$  - коэффициент сопротивления мешалки;

$\gamma$  - параметр высоты заполнения емкости, со свободной поверхностью жидкости  $\gamma = 4 \cdot H/D + 1$ , где  $H$  - высота заполнения ёмкости жидкостью, м;

$D$  - внутренний диаметр ёмкости, м.

Расчет показал, что частота вращения мешалки 1000 об/мин соответствует скорости потока среды 0,61 м/с, 2000 об/мин - 1,21 м/с и 3000 об/мин - 1,83 м/с.



a)



b)

**Рисунок 1.** Установка для проведения исследований влияния циклических перекачек на качество нефтепродукта: статика (а), динамика (б)

**Figure 1.** Installation for studies of the influence of cyclic pumping on the quality of the oil product: statics (a), dynamics (b)

Циркуляцию модельной среды осуществляли в течение 60 мин, фиксировали изменение температуры нефтепродукта после окончания каждого цикла, охлаждали до исходной температуры и повторяли циклы (3 раза).

Для моделирования режимов перекачки выполняли переключение частоты вращения ротора мешалки от 1000 до 3000 об/мин (0,61-1,83 м/с).

Для моделирования режима перекачки с заданной постоянной скоростью проводили по три цикла при одной скорости движения потока (0,61 м/с; 1,21 м/с и 1,83 м/с). Результаты моделирования приведены на рисунке 2.

После окончания испытаний смеси нефтепродуктов анализировались по следующим показателям реактивного топлива (ГОСТ 10227):

- кислотность по ГОСТ 5985;
- удельная электрическая проводимость по ГОСТ 25950;
- термоокислительная стабильность по ГОСТ 11802.

Образцы после испытаний промывали в этаноле, высушивали, выдерживали в эксикаторе, взвешивали и рассчитывали скорость коррозии по потере массы образцов (ГОСТ Р 50779.22).

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что скорость коррозии образцов в чистом ТС-1 при скорости потока 1,83 м/с ниже, чем в смеси ТС-1 с ДТ и подтоварной водой примерно в 2 раза. При уменьшении скорости движения топлива скорость коррозии смеси снижается и достигает значений скорости коррозии в чистом реактивном топливе.

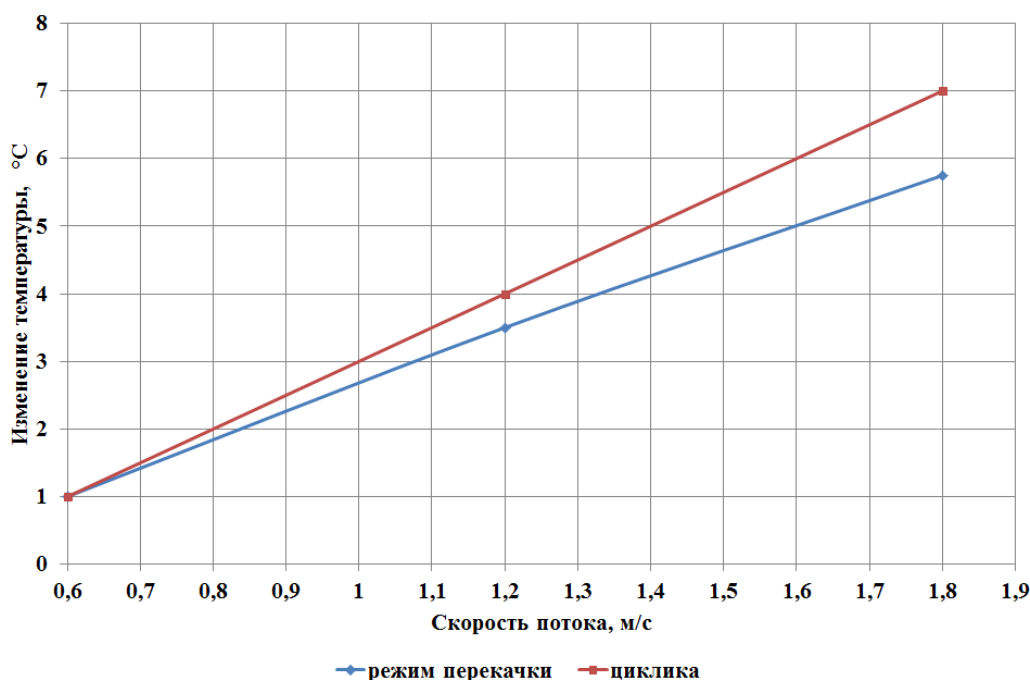


Рисунок 2. Изменение температуры топлива (ТС-1 и смеси) от скорости движения потока (за 60 мин)

Figure 2. Change in fuel temperature (ТС-1 and mixture) versus flow rate (for 60 min)

**Таблица 1.** Результаты исследований влияния цикличности и режимов перекачки нефтепродуктов на скорость коррозии и изменение показателей качества топлива

**Table 1.** Results of studies of the influence of the cyclicity and modes of pumping oil products on the corrosion rate and changes in fuel quality indicators

Среда	Скорость потока, м/с	Металл	Скорость коррозии, мм/год	Удельная электропроводимость, пСм/м	Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива	Термоокислительная стабильность при 150 °С, мг/100 см <sup>3</sup>
ТС-1	0	новый	0,015	1	0,24	7
		б/э	0,003	1	0,27	5
ТС-1	1,83	новый	0,21	6	0,42	13
		б/э	0,18	5	0,44	12
ТС-1, ДТ (0,5 %) и подтоварная вода (0,1 %)	1,83	новый	0,46	13	0,37	12
		б/э	0,36	9	0,40	11
	1,21	новый	0,37	12	0,40	11
		б/э	0,25	7	0,40	10
	0,61	новый	0,17	8	0,40	10
		б/э	0,18	8	0,42	10
	0,61-1,83	новый	0,24	9	0,38	10
		б/э	0,20	8	0,43	12

#### Выводы

1. В ходе микробиологических исследований установлено, что образцы авиационного керосина марки ТС-1 (РВС №23) и дизельного топлива марки ДТ-Л-К5 (РВС № 16) заражены УОБ в количестве 1000 клеток на 1 мл нефтепродукта. Такой уровень биозараженности может отрицательно повлиять на характеристики нефтепродуктов при хранении и транспортировке, вызывая изменения в их фракционном составе.

2. Присутствие в подтоварной воде СВБ, УОБ и АБ в количестве 1000000, 100 и 10000 клеток на 1 мл воды соответственно свидетельствует об образовании микробного консорциума, являющегося критичным фактором в плане коррозии, при этом содержание СВБ превышает уровень возникновения коррозионных повреждений в сотни раз.

3. Исследования влияния цикличности режимов перекачки нефтепродуктов на состояние поверхности образцов стали 17Г1С указывают на повышение температуры топ-

лива и смесей различных видов нефтепродуктов с увеличением скорости коррозионных процессов в 2 раза при возрастании скорости потока топлива до 1,83 м/с.

4. Зафиксированы изменения удельной электропроводимости, кислотности и термоокислительной стабильности перекачиваемых нефтепродуктов, при этом наблюдается корреляция изменения показателей качества с изменением значений скорости коррозии, а именно, для более высокого значения скорости коррозии характерно большее значение изменения показателей качества в сравнении с данными входного контроля.

5. Удельная электропроводимость смеси реактивного топлива с дизельным в присутствии 0,1 % подтоварной воды при скорости потока 1,83 м/с возрастает до 12-13 пСм/м, что превышает нормативные показатели. Оцениваемые показатели термоокис-

лительной стабильности и кислотности остались в пределах нормативных значений для топлива ТС-1, однако тенденция к их увеличению свидетельствует об ускорении окислительных процессов в исследуемых условиях, что при дальнейшем накоплении продуктов окисления может негативно отразиться на эксплуатационных свойствах топлив при их применении по прямому назначению.

6. Снижение негативного воздействия цикличности перекачки топлива, биозараженности и загрязнения реактивного топлива другими нефтепродуктами, подтоварной водой и продуктами коррозии на качественные характеристики топлив может быть достигнуто за счет определения оптимальной скорости потока, обеспечения необходимого уровня защиты и исключения случаев загрязнения и обводнения топлив.

#### Список источников

1. Пискунов В.А., Зрелов В.Н. Влияние топлив на надёжность реактивных двигателей и самолётов: химмотологическая надёжность. М.: Машиностроение, 1978. 270 с.
2. Тимофеев Ф.В. Обеспечение безопасности функционирования химмотологической системы «Техника-ГСМ-Эксплуатация» на трубопроводном транспорте // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2019. № 4. С. 19-26.
3. Хотничук С.Б., Бортник В.В., Тимофеев Ф.В., Кузнецов А.А. Совершенствование системы обеспечения качества нефтепродуктов при транспортировке трубопроводным транспортом // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Т. 7. № 5. С. 88-96.
4. Сухаревич В.И., Кузикова И.Л., Медведева И.Г. Защита от биоповреждений, вызываемых грибами. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2009. 206 с.
5. Худякова Л.П., Фархетдинов И.Р., Шестаков А.А., Широков А.В., Хажиев А.Д. Микробиологические исследования влияния катодной поляризации на численность популяций адгезированных форм сульфатовосстанавливающих и железобактерий // Трубопроводный транспорт - 2018: тез. докл. XIII междунар. учеб.-науч.-практич. конф. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. С. 284-285.
6. Antoniou K., Frank J.F. Removal of Pseudomonas Putida Biofilm and Associated Extracellular

#### References

1. Piskunov V.A., Zrelov V.N. *Vliyaniye topliv na nadezhnost' reaktivnykh dvigatelei i samoletov: khimmotologicheskaya nadezhnost'* [Influence of Fuels on the Reliability of Jet Engines and Aircraft: Chemical Reliability]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. 270 p. [in Russian].
2. Timofeev F.V. Obespechenie bezopasnosti funktsionirovaniya khimmotologicheskoi sistemy «Tekhnika-GSM-Ekspluatatsiya» na truboprovodnom transporte [Ensuring the Safety of the Chemmotology «Technique-Fuel-Operation» System's Functioning in the Pipeline Transport]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii - World of Oil Products. The Oil Companies' Bulletin*, 2019, No. 4, pp. 19-26. [in Russian].
3. Khotnichuk S.B., Bortnik V.V., Timofeev F.V., Kuznetsov A.A. Sovershenstvovanie sistemy obespecheniya kachestva nefteproduktov pri transportirovke truboprovodnym transportom [Improvement of the Quality Assurance System for Oil Products to be Transported by Pipelines]. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefiti i nefteproduktov - Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, 2017, Vol. 7, No. 5, pp. 88-96. [in Russian].
4. Sukharevich V.I., Kuzikova I.L., Medvedeva I.G. *Zashchita ot biopovrezhdenii, vyzvaemykh gribami* [Protection Against Bio-Damage Caused by Fungi]. St. Petersburg, ELBI-



Polymeric Substances from Stainless Steel by Alkali Cleaning // *Journal of Food Protection*. 2005. Vol. 68. Issue 1. P. 277-281. DOI: DOI: 10.4315/0362-028x-68.2.277.

7. Ямпольская Т.Д., Шахалай Т.В. Биоповреждения горюче-смазочных материалов в условиях северных регионов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010. Т. 12. № 1-5. С. 1250-1255.

8. Васильева А.А., Чекунова Л.Н., Полякова А.В. Влияние температуры на рост и жизнеспособность *Hormonicus Resinae* и *Philaphora Sp.*, развивающихся в авиационном топливе // *Микология и фитопатология*. 2009. Т. 43. Вып. 4. С. 312-316.

9. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Окислительные и коррозионные процессы в резервуарах хранения нефтепродуктов // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2000. Т. 5. № 1. С. 3-8.

10. Худякова Л.П., Шестаков А.А., Фархетдинов И.Р., Широков А.В. Оценка опасности биокоррозии подземных стальных сооружений // *Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2019. Т. 9. № 1. С. 82-91. DOI: 10.28999/2541-9595-2019-9-1-82-91.

11. DTIC ADA415117: An Analysis of Microbial Contamination in Military Aviation Fuel Systems. Dayton: AFIT, 2003. 236 p.

12. Худякова Л.П., Шестаков А.А., Харисов Р.А., Фархетдинов И.Р., Хованов Г.П., Тимофеев Ф.В., Новиков А.А. Исследование влияния биозараженности перекачиваемых нефтепродуктов на коррозионную стойкость трубной стали и воздействия коррозионных процессов на качество топлива // *Нефтяное хозяйство*. 2020. № 10. С. 94-98. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-10-94-98.

13. Хованов Г.П., Худякова Л.П., Тимофеев Ф.В., Новиков А.А., Шестаков А.А., Харисов Р.А., Фархетдинов И.Р. Методика исследования влияния режимов перекачки топлив на изменение их качества и состояния поверхности нефтепродуктопровода // *Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: матер. X междунар. молодежной науч. конф.* Уфа: РИЦ БашГУ, 2020. 217 с.

SPb Publ., 2009. 206 p. [in Russian].

5. Khudyakova L.P., Farkhetdinov I.R., Shestakov A.A., Shirokov A.V., Khazhiev A.D. Mikrobiologicheskie issledovaniya vliyaniya katodnoi polarizatsii na chislennost' populyatsii adgezirovannykh form sulfatvosstanavlivayushchikh i zhelezobakterii [Microbiological Studies of the Effect of Cathodic Polarization on the Number of Populations of Adhered Forms of Sulfate-Reducing and Iron Bacteria]. *Tezisy dokladov XIII Mezhdunarodnoi uchebno-nauchno-prakticheskoi konferentsii «Truboprovodnyi transport - 2018»* [Abstracts of the XIII International Educational, Scientific and Practical Conference «Pipeline Transport - 2018»]. Ufa, UGNTU Publ., 2018, pp. 284-285. [in Russian].

6. Antoniou K., Frank J.F. Removal of *Pseudomonas Putida* Biofilm and Associated Extracellular Polymeric Substances from Stainless Steel by Alkali Cleaning. *Journal of Food Protection*, 2005, Vol. 68, Issue 1, pp. 277-281. DOI: DOI: 10.4315/0362-028x-68.2.277.

7. Yampolskaya T.D., Shakhilai T.V. Biopovrezhdeniya goryuche-smazochnykh materialov v usloviyakh severnykh regionov [Biodamages of Combustive-Lubricating Materials in the Conditions of Northern Regions]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk - Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, Vol. 12, No. 1-5, pp. 1250-1255. [in Russian].

8. Vasileva A.A., Chekunova L.N., Polyakova A.V. Vliyanie temperatury na rost i zhiznesposobnost' *Hormonicus Resinae* i *Philaphora Sp.*, razvivayushchikhsya v aviatsionnom toplive [Effects of the Temperature on the Growth and the Viability of *Hormoconis Resinae* and *Phialophora Sp.* Developed in Aviation Fuel]. *Mikologiya i fitopatologiya - Mycology and Phytopathology*, 2009, Vol. 43, Issue 4, pp. 312-316. [in Russian].

9. Vигдорovich V.I., Romantsova S.V., Nagornov S.A. Okislitel'nye i korrozionnye protsessy v rezervuarakh khraneniya nefteproduktov [Oxidation and Corrosion in the Oil Storage Vessels]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki - Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, 2000, Vol. 5, No. 1, pp. 3-8. [in Russian].

10. Khudyakova L.P., Shestakov A.A., Farkhetdinov I.R., Shirokov A.V. Otsenka opasnosti biokorrozii podzemnykh stal'nykh sooruzhenii [Risk Assessment of Biocorrosion Corrosion in Underground Steel Structures]. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov - Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, 2019, Vol. 9, No. 1, pp. 82-91. DOI: 10.28999/2541-9595-2019-9-1-82-91. [in Russian].

11. DTIC ADA415117: An Analysis of Microbial Contamination in Military Aviation Fuel Systems. Dayton, AFIT, 2003. 236 p.

12. Khudyakova L.P., Shestakov A.A., Kharisov R.A., Farkhetdinov I.R., Khovanov G.P.,

Timofeev F.V., Novikov A.A. Issledovanie vliyaniya biozarazhennosti perekachivaemykh nefteproduktov na korrozionnyuyu stoikost' trubnoi stali i vozdeistviya korrozionnykh protsessov na kachestvo topliva [Researching Effect of Biocontamination of Pumped Light Oil Products on Corrosion Resistance of the Pipe Steel and Influence of Corrosion Process on Fuel Quality]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2020, No. 10, pp. 94-98. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-10-94-98. [in Russian].

13. Khovanov G.P., Khudyakova L.P., Timofeev F.V., Novikov A.A., Shestakov A.A., Kharisov R.A., Farkhetdinov I.R. Metodika issledovaniya vliyaniya rezhimov perekachki topliv na izmenenie ikh kachestva i sostoyanie poverkhnosti nefteproduktoproveda [Methodology for Studying the Influence of Fuel Pumping Modes on the Change in Their Quality and the State of the Surface of the Oil Product Pipeline]. *Materialy X Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii «Naukoemkie tekhnologii v reshenii problem neftegazovogo kompleksa»* [Materials of the X International Youth Scientific Conference «Science-Intensive Technologies in Solving the Problems of the Oil and Gas Complex»]. Ufa, RITs BashGU Publ., 2020, 217 p. [in Russian].

#### Информация об авторах

• Худякова Лариса Петровна, д-р техн. наук, профессор  
НТЦ НИИ Транснефть  
Главный научный сотрудник  
управления стали, сварки и защиты от коррозии  
Россия, 450055, г. Уфа, пр. Октября, 144/3  
e-mail: HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

• Харисов Рустам Ахматнурович, д-р техн. наук  
НТЦ НИИ Транснефть  
Начальник управления стали, сварки  
и защиты от коррозии  
Россия, 450055, г. Уфа, пр. Октября, 144/3  
e-mail: HarisovRA@niitnn.transneft.ru

• Хованов Григорий Петрович, канд. техн. наук.  
НИИ Транснефть  
Старший научный сотрудник лаборатории  
нефти и нефтепродуктопроводов  
Россия, 117186, г. Москва,  
Севастопольский проспект, 47а  
e-mail: HovanovGP@niitnn.transneft.ru

#### Information about the authors

• Hudyakova Larisa P., Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Scientific and Technical Center, Transneft R&D  
Chief Researcher of Steel, Welding and Corrosion Protection Department  
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055, Russia  
e-mail: HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

• Harisov Rustam A., Doctor of Engineering Sciences  
Scientific and Technical Center, Transneft R&D  
Head of the Department of Steel, Welding and Corrosion Protection  
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055, Russia  
e-mail: HarisovRA@niitnn.transneft.ru

• Khovanov Grigoriy P., Candidate of Engineering Sciences  
Pipeline Transport Institute, Transneft R&D  
Senior Researcher of Laboratory  
of Oil and Petroleum Product Pipelines  
47a, Sevastopolsky ave., Moscow, 117186,  
Russia  
e-mail: HovanovGP@niitnn.transneft.ru

• Кузнецов Андрей Александрович, канд. техн. наук  
НИИ Транснефть  
Ведущий научный сотрудник лаборатории  
Методологии товарно-транспортной работы  
Россия, 117186, г. Москва,  
Севастопольский проспект, 47а  
e-mail: KuznetcovAA@niitnn.transneft.ru

• Kuznetcov Andrey A., Candidate of Engineering Sciences  
Pipeline Transport Institute, Transneft R&D  
Leading Researcher of Laboratory  
Methodologies of Commodity-Transport Work  
47a, Sevastopolsky ave., Moscow, 117186,  
Russia  
e-mail: KuznetcovAA@niitnn.transneft.ru

• Тимофеев Фёдор Владимирович, канд. техн. наук  
Научно-исследовательский институт проблем  
хранения Росрезерва  
Главный научный сотрудник  
Россия, 111033, г. Москва,  
Ул. Волочаевская, 40, корп. 1

• Timofeev Fedor V., Candidate of Engineering Sciences  
Research Institute for Storage Problems  
of Rosrezerv  
Chief Researcher  
Russia, 111033, Moscow,  
Volochevskaya str., 40, bldg. 1

• Новиков Андрей Алексеевич, канд. техн. наук  
НИИ Транснефть  
Ведущий научный сотрудник лаборатории  
нефти и нефтепродуктопроводов  
Россия, 117186, г. Москва,  
Севастопольский проспект, 47а  
e-mail: NovikovAA@niitnn.transneft.ru

• Novikov A.A., Candidate of Engineering Sciences  
Pipeline Transport Institute, Transneft R&D  
Leading Researcher of Laboratory  
of Oil and Petroleum Product Pipelines  
47a, Sevastopolsky ave., Moscow, 117186,  
Russia  
e-mail: NovikovAA@niitnn.transneft.ru

• Фархетдинов Ильшат Ревинерович, канд. техн. наук  
НТЦ НИИ Транснефть  
Заведующий лабораторией испытаний средств  
защиты от коррозии  
Россия, 450055, г. Уфа,  
пр. Октября, 144/3  
e-mail: farhetdinovir@niitnn.transneft.ru

Farhetdinov Ilshat R., Candidate of Engineering Sciences  
Scientific and Technical Center, Transneft R&D  
Head of the Laboratory for Testing Corrosion  
Protection Products  
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055,  
Russia  
e-mail: farhetdinovir@niitnn.transneft.ru

*Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 01.08.2021; принята к публикации 01.09.2021.*

*The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 01.08.2021; accepted for publication 01.09.2021.*