

УДК 620.193.47
МРНТИ 81.33.29

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2022-19-2-49-59>

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИНЫ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НЕФТЕПРОВОДОВ

САДЫКОВА Н.Ж.¹, УТЕЛБАЕВ Б.Т.², ШАРИПОВ Р.Х.¹, БАЛГИМБАЕВА У.А.¹,
СУЛЕЙМЕНОВ Э.Н.¹

¹Казахстанско-Британский технический университет,
050000, г. Алматы, Казахстан

²Институт химических наук им. А.Б. Бектурова,
050000, г.Алматы, Казахстан

Аннотация. Трубопроводный транспорт считается самым эффективным и экономически целесообразным видом в отличие от железнодорожного, сухопутного или других видов транспорта. Транспортируемые продукты – как правило, нефтепродукты – с различными физическими и механическими свойствами способны оказывать различное негативное влияние на материал трубопровода, тем самым вызывая коррозию, износ, утечку и выбросы. Актуальность исследований в этом направлении обусловлена тем, что из-за относительно сложного состава нефтей Казахстана во время перекачки нефти трибоэлектрические эффекты на границе раздела фаз вызывают возникновение электрических зарядов, которые приводят к повышению эффективности химических реакций, вызывающих коррозию материала трубопроводов. Поэтому необходима разработка специфических способов защиты нефтепроводов от разрушений, вызванных коррозией металлов. ИК-спектроскопический анализ нефти показывает наличие различных видов углеводородов. На основе разгонки нефти АО «Озенмунайгаз» сложность в молекулярном составе нефти вызывает электрические эффекты, приводящие к увеличению скорости коррозии. Все это надо учитывать при разработке защиты от коррозии. В процессе транспортировки в объеме нефти и нефтепродуктов благодаря сложной микроструктуре и определенной гетерогенности макроструктуры могут образовываться электростатические заряды. Так как при трибоэлектрических эффектах происходит электризация, а также тепловыделение, данные процессы требуют уточнения процессов теплопередачи на микро-, макроуровне. При этом разность потенциалов между отдельными участками объема жидкости может быть достаточно велика. В работе использовались химические и физико-химические методы инструментального анализа. В настоящей работе были получены экспериментальные значения удельной электропроводности нефти и нефтепродуктов в лабораторных условиях, которые позволяют судить об их диэлектрическом характере. В данной работе был изучен трибоэлектрический эффект на месте границы металлов и органических жидкостей (нефть, мазут и т.п.), чтобы определить их влияние на коррозию металлов трубопроводов, и установлены значения электропроводности нефтей и нефтепродуктов.

Ключевые слова: коррозия, потенциал, нефть, мазут, трибоэлектрический эффект трубопровод, ИК-спектроскопический анализ, причины коррозии.

МЕТАЛЛ МҰНАЙ ҚҰБЫРЛАРЫНЫҢ ТОТТАНУ СЕБЕПТЕРІН ЗЕРТТЕУ

САДЫКОВА Н.Ж.¹, УТЕЛБАЕВ Б.Т.², ШАРИПОВ Р.Х.¹, БАЛГИМБАЕВА У.А.¹,
СУЛЕЙМЕНОВ Э.Н.¹¹Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан²А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты, 050000, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Құбыр көлігі теміржол, құрлық немесе басқа тасымалдау түрлеріне қарағанда ең тиімді және экономикалық тұрғыдан орынды болып саналады. Тасымалданатын өнімдер, әдетте, мұнай өнімдері, әртүрлі физикалық және механикалық қасиеттері бар, олар құбыр материалына әртүрлі теріс әсер етуі мүмкін, осылайша коррозия, тозу, ағып кету және шығарындылар тудырады. Бұл бағыттағы зерттеулердің өзектілігі мұнай айдау кезінде Қазақстан мұнайларының салыстырмалы түрде күрделі құрамына байланысты фазалар шекарасындағы трибоэлектрлік әсерлер электр зарядтарының пайда болуына әкеліп соғады, бұл құбыр материалының коррозиясын тудыратын химиялық реакциялардың тиімділігін арттырады. Сондықтан мұнай құбырларын металдардың коррозиясынан болатын бұзылулардан қорғаудың нақты әдістерін жасау қажет. Мұнайдың ИҚ спектроскопиялық талдауы көмірсутектердің әртүрлі түрлерінің болуын көрсетеді. "Өзенмұнайгаз" АҚ мұнай айдау негізінде мұнайдың молекулалық құрамындағы қиындық коррозия жылдамдығының артуына әкелетін электрлік әсерлерді тудырады. Мұның бәрі коррозиядан қорғауды дамыту кезінде ескерілуі керек. Мұнай мен мұнай өнімдерін тасымалдау процесінде күрделі микроқұрылым мен макроқұрылымның белгілі бір гетерогенділігіне байланысты электростатикалық зарядтар пайда болуы мүмкін. Триболитикалық эффекттерде электрлену, сондай-ақ жылу бөлу жүретіндіктен, бұл процестер микро-макро деңгейдегі жылу беру процестерін нақтылауды қажет етеді. Бұл жағдайда сұйықтық көлемінің жеке бөлімдері арасындағы ықтимал айырмашылық айтарлықтай үлкен болуы мүмкін. Жұмыста аспаптық талдаудың химиялық және физика-химиялық әдістері қолданылды. Зертханалық жағдайда мұнай мен мұнай өнімдерінің нақты электр өткізгіштігінің эксперименттік мәндері алынды, бұл олардың диэлектрлік сипатын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл жұмыста олардың құбыр металдарының коррозиясына әсерін анықтау үшін металдар мен органикалық сұйықтықтардың (мұнай, мазут және т.б.) шекарасындағы жердегі трибоэлектрлік әсер зерттелді және мұнай мен мұнай өнімдерінің электр өткізгіштік мәндері белгіленді.

Түйінді сөздер: коррозия, потенциал, мұнай, мазут, трибоэлектрлік эффектiлi құбыр, коррозия, ИҚ-спектроскопиялық талдау, коррозия себептері.

STUDY OF THE REASONS FOR CORROSION OF METALLIC OIL

SADYKOVA N.ZH.¹, UTELBAYEV B.T.², SHARIPOV R.H.¹,
BALGIMBAYEVA U.A.¹, SULEIMENOV E.N.¹¹ Kazakh-British Technical University, 050000, Almaty, Kazakhstan² Institute of Chemical Sciences named after A.B.Bekturov, 050000, Almaty, Kazakhstan

Abstract. Pipeline transport is considered to be the most efficient and economically feasible type, unlike rail, land or other types of transportation. Transported products are usually petroleum products with various physical and mechanical properties that can have various negative effects

on the pipeline material, thereby causing corrosion, wear, leakage and emissions. The relevance of research in this direction is due to the fact that due to the relatively complex composition of Kazakhstan's oils during oil pumping, triboelectric effects at the phase interface cause the occurrence of electric charges, which lead to an increase in the efficiency of chemical reactions that cause corrosion of the pipeline material. Therefore, it is necessary to develop specific ways to protect oil pipelines from damage caused by metal corrosion. IR spectroscopic analysis of oil shows the presence of various types of hydrocarbons. Based on the oil dispersal of JSC Ozenmunaigas, the complexity in the molecular composition of oil causes electrical effects that lead to an increase in the corrosion rate. All this should be taken into account when developing corrosion protection. In the process of transportation in the volume of oil and petroleum products, due to the complex microstructure and certain heterogeneity of the macrostructure, electrostatic charges can be formed. Since electrification and heat generation occur during tribolytic effects, these processes require refinement of heat transfer processes at the micro-macro level. In this case, the potential difference between individual sections of the liquid volume can be quite large. Chemical and physico-chemical methods of instrumental analysis were used in the work. In this work, experimental values of the specific electrical conductivity of oil and petroleum products were obtained under laboratory conditions, which allow us to judge their dielectric nature. In this work, the triboelectric effect was studied at the site of the boundary of metals and organic liquids (oil, fuel oil, etc.) to determine their effect on the corrosion of pipeline metals. and the values of electrical conductivity of oils and petroleum products are established.

Keywords: *corrosion, potential, oil, fuel oil, pipeline with triboelectric effect, corrosion, IR spectroscopic analysis, causes of corrosion.*

Введение

При транспортировке нефти, газа и их продуктов по трубопроводам коррозия металлических изделий существенным образом оказывает влияние на экологическую обстановку в результате загрязнения окружающей среды продуктами органических веществ [1–9]. На сегодняшний день тема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в условиях роста промышленного производства – одна из самых актуальных проблем. Неоднократно в своих посланиях Президент Республики Казахстан поднимал вопрос об охране окружающей среды, рациональном природопользовании, внедрении наилучших существующих технологий, а также вопросы недропользования [10]. Экологические исследования, проведенные в последние десятилетия во многих странах мира, показали, что всевозрастающее разрушительное воздействие антропогенных факторов на окружающую среду может привести к экологическому кризису. При добыче, транспортировке и переработке нефти-сырца в резуль-

тате аварийных ситуаций и несоблюдения технических требований разлитая нефть и нефтепродукты оказывают негативное влияние на окружающую среду. В литературе главным образом рассматриваются аспекты эксплуатации технологического оборудования химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, энергетики, транспорта, судостроения в связи с обеспечением условий безопасности и надежности. Это вызвано тем, что, например, под воздействием агрессивных сред на металлоконструкции происходит как общая, так и локальная коррозия, что увеличивает затраты на изготовление, монтаж и ремонт оборудования [11–20]. Точечная (питтинговая) коррозия представляет собой один из опасных видов локального коррозионного разрушения, которое может вызвать растрескивание трубопроводов под давлением протекающей жидкости [13–16]. Необходимы исследования причин, обуславливающих коррозию, и разработка инновационных методов предотвращения коррозии металлов. Следовательно, требуется более тщательный

анализ электрофизических свойств нефтей и нефтепродуктов, транспортирующихся по нефтепроводам. Эти свойства недостаточно изучены, особенно в части возникновения электрофоретических эффектов при движении отдельных компонентов жидкости относительно друг друга [21, 22].

Общеизвестно, что трибология изучает взаимодействие соприкасающихся поверхностей веществ при их перемещении относительно друг друга и связанных с ним энергетических проявлениях. В свою очередь, трибоэлектрический эффект, связанный с появлением электрических зарядов у веществ, наблюдается не только из-за трения, но и при обыкновенном контакте. То есть при соприкосновении поверхностей разнородных материалов они становятся электрически заряженными. При соприкосновении поверхностей в результате деформации структур происходит изменение структурно-энергетического соответствия. Данное явление взаимодействия двух веществ вызвано отличием структурно-энергетического состояния макроскопических образований. Влияние геометрических размеров вещества на его физико-химические свойства широко обсуждается в области технологии, нанотехнологии и естествознания. При этом структурно-энергетическое состояние на границе раздела фаз вещества отличается от объемной фазы. Следовательно, существует необходимость углубленного изучения зависимости строения вещества от его микро-, макроскопических характеристик и его структурных элементов как единого взаимосвязанного объекта. Нефть и нефтепродукты являются источником пожарной опасности, в том числе вызываемой наличием электрических зарядов, обусловленных трибоэлектрическими эффектами. Эти обстоятельства требуют более детального изучения названных систем. Механизм возникновения электростатических зарядов между поверхностями двух движущихся жидкостей, жидкость – твердая поверхность тел до сих пор изучен недостаточно и требует фундаментального решения проблемы. Целью настоящей работы является изучение состава нефти месторожде-

ния АО «Озенмунайгаз» и ее электрических свойств при транспортировке по трубопроводу.

Экспериментальная часть

В работе использовались химические и физико-химические методы инструментального анализа.

Анализ и методика экспериментальных работ проводились согласно стандартам и ГОСТам: ГОСТ 2177–99 «Нефтепродукты». Методы определения фракционного состава. ГОСТ 2517–12 «Нефть и нефтепродукты». Методы отбора проб. Разгонку нефти проводили на установке АРН-3 по ГОСТ 11011-85. Выделение парафино-нафтеновых и смолистых углеводородов от асфальтенов осуществляли с помощью растворителей марки «Чистый».

Анализ углеводородов проводили на газожидкостном хроматографе Chrom-4 с ионизационно-пламенной детекцией. Температура испарителя 300 °С, а колонки – 250 °С. Газ-носитель – аргон. Твердый носитель – силанизированный хроматон. Скорость газа-носителя – 50 см³/мин. ИК-спектры образцов снимали на спектрометре ИКС-29. Рентгенодифрактометрический анализ проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ -излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U=35$ кВ; $I=20$ мА; съемка θ -2 θ ; детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуквантитативной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограмм, чистых от примесей минералов.

Предварительными опытами проводилась оценка погрешности результатов измерений с помощью стандартного отклонения статистическим методом при доверительной вероятности 0.95 по критерию Стьюдента.

Для определения трибоэлектрических эф-

фектов на границе металлоорганических жидкостей (нефть, мазут) определяли электрофизическое свойства нефтепродуктов (бензин, керосин) согласно методике [23].

Результаты и обсуждение

Для определения трибоэлектрических эффектов нефти и нефтепродуктов в первую очередь был определен состав нефти месторождения Озенмунайгаз Мангистауской области. Особое место занимает нефть и нефтепродукты, которые отличаются по физико-химическим характеристикам. Элементный состав нефти АО «Озенмунайгаз» приведен в таблице 1.

ИК-спектроскопический анализ фракций образцов 50–320 °С показывает полосы поглощения, характерные для алифатических функциональных групп углеводородов (2953.7; 2920.5; 2850.2; 1463.1; 1377.0; 723.0 и 719.7 см⁻¹) (рисунок 1, стр. 54). Симметричные и асимметричные валентные колебания для СН₃-групп при 2885–2865 см⁻¹ и 2975–2950 см⁻¹ соответственно и для СН₂-групп симметричные около 2870–2840 см⁻¹ и асимметричные около 2930 см⁻¹, а деформационные и асимметричные деформационные колебания СН₃-групп наблюдаются при 1470–1440 см⁻¹. Данная полоса перекрывает-

Таблица 1 – Элементный состав нефти АО «Озенмунайгаз»

Пробы нефти	Содержание элементов, %					Другие, %
	С	Н	N	S	O	
Нефть 1	85,1	13,6	0,4	1,8	1,4	1,1
Нефть 2	85,0	12,8	0,2	2,0	1,1	0,3
Нефть 3	84,4	12,0	0,2	1,7	1,3	0,4

По содержанию серы нефть относится ко второму классу. По элементному составу нефти отличаются по содержанию серы. У нефти содержание кислорода увеличивается от 1,3 до 1,4% масс, азота – от 0,2 до 0,4% масс.

ся ножничным колебанием СН₂, которое возникает при 1490–1440 см⁻¹, симметричное колебание СН₃ происходит при 1390–1370 см⁻¹ (рисунок 1, стр 54).

Таблица 2 – Физико-химические характеристики нефти АО «Озенмунайгаз»

Наименование	Нефть 1	Нефть 2	Нефть 3
Вид	Темно-коричневый	Темный	Темно-коричневый
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,816	0,844	0,864
Содержание воды, %	0,6	0,7	0,8
Концентрация хлоридов, мг/л	450	560	600
Кинематическая вязкость, мм ² /с (20°С)	56	60	64
Температура застывания, °С	15- 20	18-21	14-18
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	58	56	60
Коксуемость, %	4,6	4,8	5,0
Остаток после разгонки 320 °С, в т.ч. (%):	48,0	47,5	47,4
Парафино-нафтены	26,0	26,5	25,4
Арены	9,0	9,5	9,6
Смолы	7,0	7,0	7,0
Асфальтены	5,0	4,0	5,0
Другие	1,0	0,5	0,4

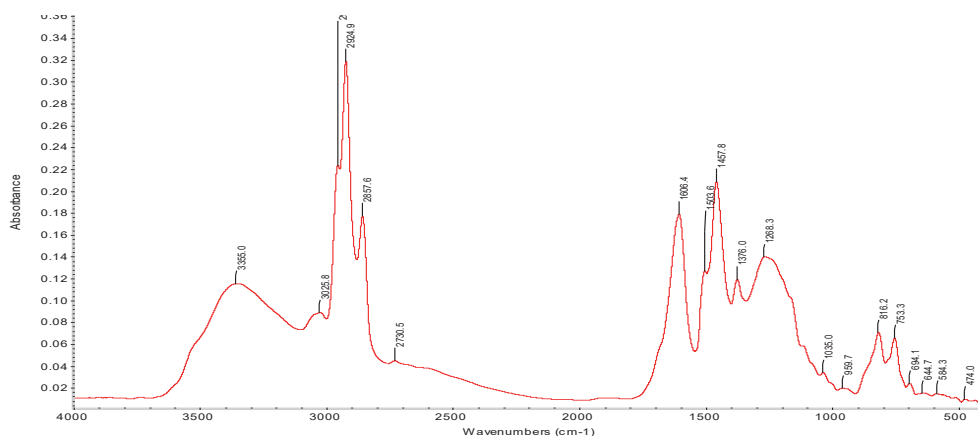


Рисунок 1 – ИК-спектр нефти месторождения АО «Озенмунайгаз»

Следует отметить, что превышение по интенсивности полос поглощения метиленовых групп над метильными, имеющихся в образцах, свидетельствует о преобладании высокомолекулярных соединений со звеном $-\text{CH}_2-$ удлинённых углеродных цепей, характерных для асфальто-смолистых соединений. В пользу этого служит расщепление полос поглощения в области 720 см^{-1} (723 и 719.7 см^{-1}), характерное для метиленовых цепочек. Кроме того, отчетливое проявление поглощения в области 720 см^{-1} (частично смещённый от $710\text{--}690 \text{ см}^{-1}$) относится к полициклическим ароматическим соединениям, характерным для смол. Эти соединения в результате индуктивных и мезомерных эффектов, возникающих в местах, где происходит перемещение электронов, обуславливают возникновение локальных электрических потенциалов и триболических эффектов.

бует уточнения процессов теплопередачи на микро-, макроуровне.

В процессе транспортировки в объеме нефти и нефтепродуктов благодаря сложной микроструктуре и определенной гетерогенности макроструктуры могут образовываться электростатические заряды. При этом разность потенциалов между отдельными участками объема жидкости может быть достаточно велика. Полученные экспериментальные значения удельной электропроводности нефти и нефтепродуктов в лабораторных условиях позволяют судить об их диэлектрическом характере. Установлены значения электропроводности нефтей и нефтепродуктов (таблица 3).

Очевидно, что нефть и нефтепродукты являются плохими проводниками. По литературным данным, удельная электрическая проводимость составляет для сырой нефти $10^{-5}\text{--}10^{-8} \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$. Однако даже незначитель-

Таблица 3 – Значение удельной электропроводности нефти и нефтепродуктов

Нефть и нефтепродукты	Удельная электропроводность, $\text{см} \cdot \text{м}^{-1}$
Нефть Озенмунайгаз	$1 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$
Мазут	$1 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-9}$
Бензин (Н.к – 140°C)	$4 \cdot 10^{-11} - 6 \cdot 10^{-12}$
Керосин (фр. $140\text{--}180^\circ\text{C}$)	$1 \cdot 10^{-10} - 4,6 \cdot 10^{-12}$
Авиационный бензин (фр. $40\text{--}180^\circ\text{C}$)	$1,1 \cdot 10^{-11} - 4,6 \cdot 10^{-11}$
Реактивное топливо (фр. $180\text{--}260^\circ\text{C}$)	$1 \cdot 10^{-10} - 1 \cdot 10^{-12}$
Дизель (фр. $220\text{--}280^\circ\text{C}$)	$3 \cdot 10^{-11} - 5 \cdot 10^{-11}$
Газойль (фр. $240\text{--}350^\circ\text{C}$)	$2 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-9}$

Как известно, при триболических эффектах не только происходит электризация, но имеет место тепловыделение, которое тре-

ное содержание примесей и при движении этих жидкостей вызывает образование электростатических зарядов. При механическом

перемещении компонентов нефти относительно друг друга возникает поляризация молекул углеводородов, в результате которой возникает межфазная разность потенциалов. Любое нарушение этого равновесного состояния приводит к поляризации «электромагнитных частиц» на поверхности веществ и создает разность потенциалов [23]. Накопление электростатических зарядов в итоге может реализовываться в виде искрового разряда, химического процесса и возникновения коррозионных процессов. Это приводит к возникновению возгорания нефтепродуктов, разрушению трубопроводов, преждевременному выходу из строя деталей оборудования.

Показано, что появление электрических эффектов, т.е. возникновение электрического потенциала у трубопроводов с нефтепродуктами, вызывает возникновение процесса коррозии. В [25] отмечено, что физико-химические свойства веществ определяются строением первичных элементов микроструктуры – «химических индивидов». При трении и деформации материалов «электромагнитные частицы» поляризуются, изме-

няется электромагнитное взаимодействие и выделяются «электромагнитные частицы» в виде теплоты и других форм передачи энергии [26]. Кроме того, изучение электрических эффектов позволит выявить причины возникновения протекания различных нежелательных процессов, таких как разрушение материалов в результате коррозий и триболических эффектов.

Заключение

Установлена недостаточность наших знаний о механизме и причинах возникновения коррозии на границе нефть и нефтепродукты/металл. Выявлены причины изменения, происходящего в микроструктуре с возникновением электрических потенциалов, которые обусловлены трибоэлектрическими эффектами, что отражается в изменениях свойств макроскопического образования. Предотвращение возникновения электрических потенциалов и микрогальванических пар позволяет моделировать взаимодействующие поверхности и в перспективе разработать эффективные электрофизические методы защиты металлов от коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мешечко Е.Н. Основы экологии / Е.Н. Мешечко. – М.: Экоперспектива, 2018. – 376 с.
- 2 Мартынюк В.Ф. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях / В.Ф. Мартынюк, Б.Е. Прусенко. – М.: Нефть и газ, 2020. – 336 с.
- 3 Перелет Р.А. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) / ред. С.А. Евтеев, Р.А. Перелет. – М.: Прогресс, 2020. – 376 с.
- 4 Маврищев В.В. Основы экологии / В.В. Маврищев. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 447 с.
- 5 Павлова Е.И. Общая экология: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Е.И. Павлова, В.К. Новиков. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 190 с.
- 6 Корытный Л.М. Экологические основы природопользования: Учебное пособие для СПО / Л.М. Корытный, Е.В. Потапова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 374 с.
- 7 Гурова Т.Ф. Экология и рациональное природопользование: Учебник и практикум для академического бакалавриата / Т.Ф. Гурова, Л.В. Назаренко. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 188 с.
- 8 Жуйкова Т.В. Экологическая токсикология: Учебник и практикум для академического бакалавриата и магистратуры / Т.В. Жуйкова, В.С. Безель. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 362 с.
- 9 Ларионов Н.М. Промышленная экология: Учебник и практикум для СПО /

Н.М. Ларионов, А.С. Рябышенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 382 с.

10 Казахстан в новой реальности: время действий («Озеленение» экономики, охрана окружающей среды). Послание Президента Республики Казахстан К. Токаева (1 сентября 2020 года).

11 Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: Учебное пособие / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М. : Физматлит, 2010. – 416 с.

12 Зарубина Л.П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита. Материалы, технологии, инструменты и оборудование / Л.П. Зарубина. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 224 с.

13 Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М.: Физматлит, 2010. – 416 с.

14 Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия. – М. : Высш. шк., 1984.

15 Колотыркин Я.М. Металл и коррозия. – М.: Металлургия, 1985. – 88 с.

16 Розенфельд И.Л. Атмосферная коррозия металлов.

17 Улиг Г.Г., Ревы Р.О. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.

18 Мустафин Ф.М. Защита трубопроводов от коррозии: в 2 т. / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков и др. – М.: Недра, 2007. – 708 с. – т. 2.

19 Мустафин Ф.М. Защита трубопроводов от коррозии: в 2 т. / Ф.М. Мустафин, М.В. Кузнецов и др. – М.: Недра, 2005. – 620 с. – т.1.

20 Хайдерсбах Р. Защита от коррозии и металловедение оборудования для добычи нефти и газа / Р. Хайдерсбах. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2014. – 416 с.

21 Замок GS, Шейн Л.Б. Общая модель контактной электрификации изолятора сферасфера. // Журнал электростатики. – №36(2). – 1995. – С.165–173. DOI:10.1016/0304-3886(95)00043-7.

22 Утелбаев Б.Т., Сулейменов Э.Н., Утелбаева А.Б., Шарипов Р.Х. Трибоэлектризация и электромагнитная материя. // Наука и мир. – 2020. – № 9 (85). – С. 17–23.

23 Устройство для оценки электризации жидких нефтепродуктов (2018). – URL: <https://findpatent.ru/patent/264/2642257.html>

24 Utelbayev B.T., Suleimenov E.N., Utelbayeva A.B.. Atomic Molecular Structure of Substances and Energy Manifestations // Global journal of Science Frontier Research: Physics and Space Science, vol.20, issue 1, version 1, 2020, pp. 1–6.

25 Utelbayev B.T., Suleimenov E.N., Utelbayeva A. & Zhanabai N., 2019. Role of Atomic-Molecular Formations in Chemistry. Theory and Applications of Chemistry, vol. 1, pp. 88–97. Retrieved from <https://stm1.bookpi.org/index.php/tac-v1/article/view/100>

26 Утелбаева А.Б., Жанабай Н., Сулейменов Э.Н., Утелбаев Б.Т. Электрическая и магнитная компоненты элементарных «электромагнитных частиц» // Тенденция развития науки и образования. – 2021. – № 80. – Ч.5. – С.167–176. DOI: 10.18411/trnio-12 -2021-257.

REFERENCES

1 Meshechko E.N. (2018) Osnovy jekologii. Ed. E.N. Meshechko. Moscow, Jekoperspektiva, 376 p.

2 Martynjuk V.F. (2020) Zashhita okruzhajushhej sredy v chrezvychajnyh situacijah. Ed. V.F. Martynjuk, B.E. Prusenko. Moscow, Neft' i gaz, 336 p.

3 Perelet R.A. (2020) Nashe obshhee budushhee. Doklad Mezhdunarodnoj komissii po okruzhajushhej srede i razvitiju (MKOSR). Ed. S.A. Evteev, R.A. Perelet. Moscow, Progress, 376 p.

4 Mavrishhev V.V. (2019) Osnovy jekologii. Ed. V.V. Mavrishhev. Minsk, Vyshnejshaja shkola, 447 p.

- 5 Pavlova E.I. (2019) Obshhaja jekologija. Ed. E.I. Pavlova, V.K. Novikov. Moscow, Izdatel'stvo Jurajt, 190 p.
- 6 Korytnyj L.M. (2019) Jekologicheskie osnovy prirodopol'zovanija. Ed. L.M. Korytnyj, E.V. Potapova. 2nd ed. Moscow, Jurajt, 374 p.
- 7 Gurova T.F. (2019) Jekologija i racional'noe prirodopol'zovanie. Ed. T.F. Gurova, L.V. Nazarenko. 3rd ed. Moscow, Jurajt, 188 p.
- 8 Zhujkova T.V. (2019) Jekologicheskaja toksikologija. Ed. T.V. Zhujkova, V.S. Bezel'. Moscow, Jurajt, 362 p.
- 9 Larionov N.M. (2018) Promyshlennaja jekologija. Ed. N.M. Larionov, A.S. Rjabyshenkov. 2nd ed. Moscow, Jurajt, 382 p.
- 10 Kazakhstan v novej real'nosti: vremja dejstvij («Ozelenenie» jekonomiki, ohrana okruzhajushhej sredy). Poslanie Prezidenta Respubliki Kazakhstan K. Tokaeva (1 sentjabrja 2020 goda).
- 11 Semenova I.V. (2010) Korrozija i zashhita ot korrozii. Ed. I.V. Semenova, G.M. Florianovich, A.V. Horoshilov. Moscow, Fizmatlit, 416 p.
- 12 Zarubina L.P. (2015) Zashhita zdaniy, sooruzhenij, konstrukcij i oborudovanija ot korrozii. Biologicheskaja zashhita. Materialy, tehnologii, instrumenty i oborudovanie. Ed. L.P. Zarubina. Vologda, Infra-Inzhenerija, 224 p.
- 13 Semenova I.V. (2010) Korrozija i zashhita ot korrozii. Ed. I.V. Semenova, G.M. Florianovich, A.V. Horoshilov. Moscow, Fizmatlit, 416 p.
- 14 Antropov L. I. (1984) Teoreticheskaja jelektrohimija. Moscow, Vyssh. shk.
- 15 Kolotyrkin Ja.M. (1985) Metall i korrozija. Moscow, Metallurgija, 88 p.
- 16 Rozenfel'd I.L. Atmosfernaja korrozija metallov.
- 17 Ulig G.G., Revi R.O. (1989) Korrozija i bor'ba s nej. Vvedenie v korrozionnuju nauku i tehniku. L., Himija, 456 p.
- 18 Mustafin F.M. (2007) Zashhita truboprovodov ot korrozii. Ed. F.M. Mustafin, L.I. Bykov. Moscow, Nedra, 708 p., t. 2.
- 19 Mustafin F.M. (2005) Zashhita truboprovodov ot korrozii: v 2 t. / F.M. Mustafin, M.V. Kuznecov i dr. Moscow.: Nedra, vol. 1, 620 p.
- 20 Hajdersbah R. (2014) Zashhita ot korrozii i metallovedenie oborudovanija dlja dobychi nefti i gaza. Ed. R. Hajdersbah. Vologda, Infra-Inzhenerija, 416 p.
- 21 Zamok GS, Shejn L.B. (1995) Obshhaja model' kontaktnoj jelektrifikacii izoljatora sfera-sfera. Zhurnal jelektrostatiki, no 36 (2), pp.165–173. DOI:10.1016/0304-3886(95)00043-7.
- 22 Utelbaev B.T., Sulejmenov Je.N., Utelbaeva A.B., Sharipov R.H. (2020) Tribojelektrizacija i jelektromagnitnaja materija. Nauka i mir, no 9 (85), pp. 17–23.
- 23 Ustrojstvo dlja ocenki jelektrizacii zhidkih nefteproduktov (2018). URL: <https://findpatent.ru/patent/264/2642257.html>
- 24 Utelbayev B.T., Suleimenov E.N., Utelbaeva A.B.. Atomic Molecular Struture of Substances and Energy Manifistations. Global journal of Science Frontier Research: Physics and Space Science, vol.20, issue 1, version 1, 2020, pp. 1–6.
- 25 Utelbayev B.T., Suleimenov E.N., Utelbayeva A. & Zhanabai N., 2019. Role of Atomic-Molecular Formations in Chemistry. Theory and Applications of Chemistry, vol. 1, pp. 88–97. Retrieved from <https://stm1.bookpi.org/index.php/tac-v1/article/view/100>.
- 26 Utelbaeva A.B., Zhanabaj N., Sulejmenov Je.N., Utelbaev B.T. (2021) Jelektricheskaja i magnitnaja komponenty jelementarnyh «jelektromagnitnyh chastic». Tendencija razvitija nauki i obrazovanija, no 80, pp.167–176. DOI: 10.18411/trnio-12 -2021-257.

Сведения об авторах

Садыкова Назерке Жунисбеккызы (автор для корреспонденции)

Магистрант НОЦМиПК АО «КБТУ», ул. Толе би, 59, 050000, г. Алматы, Казахстан

ORCID ID: 0000-0001-8435-1083

E-mail: n_sadykova@kbtu.kz

Утелбаев Болысбек Тойчибекович

Доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, ул. Ш. Уалиханова, 106, 050010, г. Алматы, Казахстан

ORCID ID: 0000-0003-3794-4833

E-mail: b.utelbayev@mail.ru

Шарипов Рустам Хасанович

Магистр, руководитель НОЦМиПК АО «КБТУ», ул. Толе би, 59, 050000, г. Алматы, Казахстан

ORCID ID: 0000-0003-1670-9914

E-mail: freedom.k@mail.ru

Балгимбаева Улпан Аманкоскызы

Магистр, координатор магистерских и докторских программ НОЦМиПК АО «КБТУ», ул. Толе би, 59, 050000, г. Алматы, Казахстан

ORCID ID: 0000-0002-6051-5538

E-mail: balgimbayeva@inbox.ru

Сулейменов Эсен Нургалиевич

Доктор технических наук, главный научный сотрудник НОЦМиПК АО «КБТУ», ул. Толе би, 59, 050000, г. Алматы, Казахстан

ORCID ID: 0000-0002-6992-3028

E-mail: metallaim@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет

Садыкова Назерке Жунисбеккызы (корреспонденция авторы)

Магистрант НОЦМиПК АО «КБТУ», Төле би көш., 59, 050000, Алматы қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0001-8435-1083

E-mail: n_sadykova@kbtu.kz

Утелбаев Болысбек Тойчибекович

Техника ғылымдарының докторы, профессор, жетекші ғылыми қызметкер, А.Б.Бектұров атындағы химия ғылымдарының институты, Ш. Уәлиханов көш., 106, 050010, Алматы қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0003-3794-4833

E-mail: b.utelbayev@mail.ru

Шарипов Рустам Хасанович

Магистр, НОЦМиПК АО «КБТУ» төрағасы, Төле би көш., 59, 050000, Алматы қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0003-1670-9914

E-mail: freedom.k@mail.ru

Балгимбаева Улпан Аманкоскызы

Магистр, НОЦМиПК АО «КБТУ» магистрлік және докторлық бағдарламалардың координаторы, Төле би көш., 59, 050000, Алматы қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0002-6051-5538

E-mail: balgimbayeva@inbox.ru

Сулейменов Эсен Нурғалиевич

Техника ғылымдарының докторы, НОЦМиПК АО «КБТУ» бас ғылыми қызметкері, Төле би көш., 59, 050000, Алматы қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0002-6992-3028

E-mail: metallaim@mail.ru

Information about authors

Sadykova Nazerke Zhunisbekkyzy (corresponding author)

Master's student of Scientific Educational Center of Science and Corrosion Problems, Kazakh-British Technical University, Tole bi st., 59, 050000, Almaty, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0001-8435-1083

E-mail: n_sadykova@kbtu.kz

Utelbayev Bolysbek Toichibekovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Institute of Chemical Sciences named after A.B.Bekturov, Sh. Ualikhanov, 106, 050010, Almaty, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0003-3794-4833

E-mail: b.utelbayev@mail.ru

Sharipov Rustam Hasanovich

Master, Head of Scientific Educational Center of Science and Corrosion Problems, Kazakh-British Technical University, Tole bi st., 59, 050010, Almaty, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0003-1670-9914

E-mail: freedom.k@mail.ru

Balgimbayeva Ulpan Amankoskyzy

Master, coordinator of master's and doctoral programs of Scientific Educational Center of Science and Corrosion Problems, Kazakh-British Technical University, Tole bi st., 59, 050010, Almaty, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0002-6051-5538

E-mail: balgimbayeva@inbox.ru

Suleimenov Esen Nurgalievich

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Scientific Educational Center of Science and Corrosion Problems, Kazakh-British Technical University, Tole bi st., 59, 050010, Almaty, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0002-6992-3028

E-mail: metallaim@mail.ru