

ионов при постоянной плотности тока ($i = 6,41 \text{ А/м}^2$) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Числа переноса исследуемых анионов и катионов через нанофильтрационные мембраны

Параметр	Мембрана	Сульфат цинка		Технологический раствор гальванопокрытий	
		Исследуемые ионы			
		Zn^{2+}	SO_4^{2-}	Zn^{2+}	PO_4^{3-}
Поток ионов, моль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$)	ОФАМ-К (прианодная)	$2,68 \cdot 10^{-5}$	$3,64 \cdot 10^{-5}$	$4,83 \cdot 10^{-8}$	$1,78 \cdot 10^{-7}$
Числа переноса		0,59	0,41	0,35	0,65
Поток ионов, моль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$)	ОПМН-П (прикатодная)	$1,93 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$5,14 \cdot 10^{-8}$	$2,31 \cdot 10^{-7}$
Числа переноса		0,43	0,57	0,31	0,69

Для модельного раствора сульфата цинка числа переноса исследуемых ионов выше, чем для технологического раствора гальванопокрытий, что, вероятно, связано с многокомпонентностью технологического раствора. Числа переноса ионов Zn^{2+} для мембраны ОФАМ-К(+) выше мембраны ОПМН-П(-), а по SO_4^{2-} и PO_4^{3-} наблюдается обратная зависимость. Рассчитанные величины потоков ионов через прианодную мембрану ОФАМ-К и прикатодную мембрану ОПМН-П изменялись в пределах от $5,14 \cdot 10^{-8}$ до $2,68 \cdot 10^{-5}$ моль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$).

Литература

1. Zmievskii Y. Using of direct contact membrane distillation for wastewater treatment obtained after whey processing / Y. Zmievskii, I. Kyrychuk, V. Myronchuk // Carpathian Journal of Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 8 No 2. – P. 5–10.

2. Проектирование и расчет электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа для разделения промышленных растворов с равной площадью прикатодных и прианодных мембран / Д.Н. Коновалов, С.И. Лазарев, В.Ю. Рыжкин, С.В. Ковалев, О.А. Ковалева // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2021. – № 5. – С. 10–13.

3. Извлечение цинка, меди, никеля и кобальта из сточных вод гальванических производств методом электронанофильтрации / С.И. Лазарев, И.В. Хорохорина, К.В. Шестаков, Д.С. Лазарев // Журнал прикладной химии. – 2021. – Т. 94, № 8. – С. 1059–1064.

4. Теоретический анализ влияния концентрации ионов в объеме раствора и у поверхности мембраны на массоперенос при сверхпредельных токах / А.М. Узденова, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев, В.В. Никоненко // Электрохимия. – 2017. – Т. 53, № 11. – С. 1421–1433.

5. Анализ кинетических характеристик баромембранного и электробаромембранного разделения раствора нитрата аммония / С.И. Лазарев, С.В. Ковалев, Д.Н. Коновалов, О.А. Ковалева // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2020. – Т. 63, Вып. 9. – С. 28–36.

6. Владипор: сайт ЗАО НТЦ Владипор. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vladipor.ru/catalog/show/> (дата обращения: 07.02.2021).

7. Электрохимические и транспортные характеристики мембранных систем при электронанофильтрационном разделении растворов, содержащих нитрат аммония и сульфат калия / С.И. Лазарев, С.В. Ковалев, Д.Н. Коновалов, П. Луа // Электрохимия. – 2021. – Т. 57, № 6. – С. 355–376.

УДК 620.197.3

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРОИЗВОДНЫХ 4-ИЗОФЕНИЛФЕНОЛА В КАЧЕСТВЕ
ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Сатараев Д.А., Лестев А.Е., Дресвянников А.Ф.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия*

В данной работе представлено теоретическое обоснование разработки ингибиторов коррозии для нефтяной промышленности на основе неионогенных ПАВ (4-изононилфенол и его производные) с опорой на экологические характеристики применяемых в процессе синтеза исходных соединений.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, адсорбция, 4-изононилфенол, неонол АФ.

**ECOLOGICAL ASPECT OF THE USE
OF 4-ISOPHENYLPHENOL DERIVATIVES AS CORROSION
INHIBITORS IN THE OIL INDUSTRY**

Satarayev D.A., Lestev A.E., Dresvyannikov A.F.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

This paper presents a theoretical justification for the development of corrosion inhibitors for the oil industry based on nonionic surfactants (4-isonylphenol and its

derivatives) based on the environmental characteristics of the initial compounds used in the synthesis process.

Keywords: corrosion inhibitors, adsorption, 4-isonylphenol, neonol AF.

Применение ингибиторов коррозии (ИК) – один из наиболее популярных путей решения проблемы уменьшения коррозии в нефтегазохимической промышленности [1]. На данный момент известны сотни и тысячи составов различных соединений, применяемых в качестве ИК, позволяющих существенно увеличить срок эксплуатации металлических изделий, избегая тем самым непредусмотренных экономических издержек.

Одним из наиболее применяемых классов веществ в качестве активной основы ИК – азотсодержащие органические соединения, в том числе, гетероциклические соединения, представляющие собой поверхностно-активные вещества (ПАВ) [2]. Это обусловлено тем, что алифатические и циклические органические соединения, имеющие в своем составе один или несколько атомов азота, хорошо адсорбируются на поверхности металла, благодаря наличию у азота неподеленной электронной пары, а также π -электронного облака у ароматического кольца. Благодаря алифатическому радикалу различной длины и разветвленности подобные соединения являются прекрасными противокоррозионными агентами [3,4].

Говоря о механизме действия ИК (рисунок 1), можно отметить, что на защищаемой поверхности в результате адсорбции и хемосорбции образуется защитная пленка, представляющая собой продукт реакции ингибитора, металла и коррозионной среды [5,6].

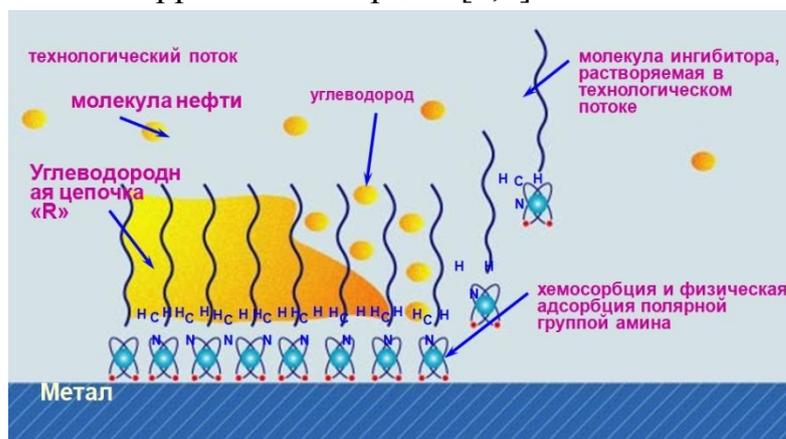


Рисунок 1. Механизм действия ингибиторов коррозии.

Однако многие органические ИК являются токсикантами и губительно влияют на окружающую среду, что отмечено в публикациях ряда авторов [7-10]. Стоит заметить, что показатели качества ИК устанавливаются заказчиком и отдельным пунктом включают требования к экологичности и экономичности. Что касается класса опасности ИК, то многие организации устанавливают ограничение на его значение - не ниже 3 [5]. Таким образом, поиск состава органического соединения, используемого в качестве ИК, удовлетворяющего требованиям экологичности, экономичности и по защитным свойствам, является актуальной проблемой.

Одним из возможных перспективных активных компонентов для ИК, удовлетворяющих указанным выше требованиям, может быть производное 4-изононилфенола – промежуточное соединение при синтезе неололов-АФ. Известно, что неолол АФ 9-6, неолол АФ 9-8, неолол АФ 9-9, неолол АФ 9-10, неолол АФБ-10, неолол АФ 9-12 и неолол АФБ-12 относят к умеренно опасным веществам (3 класс опасности). Однако неолол АФ 9-4 относится к «малоопасным веществам» (4 класс опасности).

4-изононилфенол демонстрирует недостаточный уровень защиты металлов от коррозии, однако благодаря химическому строению обладает высокими адсорбционными свойствами, что делает данное вещество достаточно привлекательным для разработки на его основе новых составов путем химического видоизменения [11]. Примером может служить функциональное метилирование, применяемое для повышения антикоррозионных свойств.

В работе [12] приведен один из способов химической модернизации 4-изононилфенола. В той же работе продемонстрирована возможность получения подобным методом производных неололов АФ-9-6.

Учитывая тот факт, что 4-изононилфенол является полупродуктом синтеза различных неионогенных ПАВ ПАО «Нижнекамскнефтехим», это делает его достаточно доступным сырьем не только в Республике Татарстан, но и в стране. Поскольку 4-изононилфенолы и их производные, прежде всего неолол АФ 9-4, хорошо адсорбируются поверхностью, и в связи с тем, что они достаточно безопасны в применении, разработка ИК на основе 4-изононилфенола и неолола АФ 9-4 является перспективным направлением исследований. В этом ключе будут проведены необходимые лабораторные эксперименты.

Литература

1. Козлова, Л. С. Ингибиторы коррозии (обзор) / Л. С. Козлова, С. В. Сибилева, Д. В. Чесноков, А. Е. Кутырев // *Авиационные материалы и технологии*. – 2015 – № 2 – С. 67-75.
2. Кузнецов, Ю.И. Физико-химические аспекты защиты металлов ингибиторами коррозии класса азолов / Ю. И. Кузнецов, Л. П. Казанский // *Успехи химии*. – 2008. – Т. 77, № 3. – С. 227-241.
3. Ившин, Я. В. Защита оборудования ингибиторами коррозии в нефтяной отрасли: учеб. пособие / Я. В. Ившин, А. Е. Лестев; под ред. А. Ф. Дресвянникова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. – 112 с. – ISBN 978-5-7882-3086-3
4. Угрюмов, О.В. Азотфосфорсодержащие ингибиторы коррозии нефтепромышленного оборудования: монография / О. В. Угрюмов, Я. В. Ившин. – Казань : Казанский гос. ун-т, 2009. - 212 с. – ISBN 978-5-98180-701-5.
5. Разработка органических ингибиторов коррозии оборудования нефтяных производств / Г. Р. Солоп, С. Ю. Шавшукова, Д. Е. Бугай [и др.] // *Вестник Академии наук Республики Башкортостан*. – 2015. – Т. 20, № 4(80). – С. 74-82.
6. Кузнецов, Ю. И. Физико-химические аспекты ингибирования коррозии металлов в водных растворах / Ю. И. Кузнецов // *Успехи химии*. – 2004. – Т. 73, № 1. – С. 79-93.
7. Влияние ингибиторов коррозии и ПАВ на токсикологические свойства противообледенительных жидкостей / Н. Е. Кашапова, Н. Ю. Башкирцева, Ю. С. Овчинникова [и др.] // *Вестник технологического университета*. – 2015. – Т. 18, № 5. – С. 221-223.
8. Cornell, J. S. Comparative measures of the toxicity of component chemicals in aircraft deicing fluid / J. S/ Cornell, D. A. Pillard, M. T. Hernandez // *Environmental Toxicology and Chemistry*. – 2000. – V. 19. – P. 1465-1472.
9. Pillard, D. A. Toxicity of benzotriazole and benzotriazole derivatives to three aquatic species / D. A. Pillard, J. S. Cornell, D. L. DuFresne, M. T. Hernandez // *Water Research*. – 2001. – V. 35, № 2. – P. 557-560.
10. Каримова, Л. Х. Экологическая оценка эмиссии фенол- и аминсодержащих ингибиторов резин / Л. Х. Каримова, А. А. Мухутдинов, Р. З. Мусин // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2010. – № 1. – С. 219-224.
11. Баранова, Ю.Б. Синтез производных 4-изононилфенола и ингибиторы коррозии на их основе: дис. на соиск. учен. степ. канд техн. наук : 02.00.03 / Баранова Юлия Борисовна ; Казанский гос. технол. ун-т. – Казань, 2006 – 150 с.
12. Баранова, Ю. Б. Аминометилирование 4-изононилфенола / Ю. Б. Баранова, А. Н. Гафаров, А. С. Аглиуллина // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2013. – Т. 16, № 11. – С. 249-251.



*V Международная
конференция молодых ученых*



**АКТУАЛЬНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ
И ПРАКТИКИ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

*The international conference
of young scientists*

**ACTUAL PROBLEMS OF
THEORY AND PRACTICES
OF ELECTROCHEMICAL
PROCESSES**

Энгельс

25-28 апреля 2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.
ЭНГЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

Сборник статей молодых ученых

**ЭНГЕЛЬС
2023**

УДК 541.13: 541:18: 620.19:621.35:544.6:677.4:678.04

ББК 24

А43

Редакционная коллегия:

Н.Д. Соловьева, д-р техн. наук, профессор

Т.П. Устинова, д-р техн. наук, профессор

В.Н. Целуйкин, д-р техн. наук, профессор

Л.Н. Ольшанская, д-р хим. наук, профессор

Е.В. Ченцова, канд. хим. наук, доцент

И.И. Фролова, канд. техн. наук

Т.Ю. Ялымова, канд. техн. наук, доцент

А43 Актуальные проблемы теории и практики электрохимических процессов : сборник материалов V Международной научной конференции молодых ученых. 25–28 апреля 2023 г. – Энгельс: Из-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 308 с.
ISBN 978-5-6049265-1-2

В сборнике материалов V Международной конференции молодых ученых «Актуальные проблемы теории и практики электрохимических процессов» представлены доклады научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов старших курсов ВУЗов, посвященные развитию фундаментальных и прикладных исследований приоритетных направлений в области электроосаждения металлов, сплавов, композиционных материалов и покрытий; вопросам разработки суперконденсаторов, новых электрохимических систем для химических источников тока и совершенствования существующих, проблемам экологической безопасности и рационального использования природных и энергетических ресурсов, разработке и изучению эксплуатационных свойств композиционных материалов на основе термо- и реактопластичных материалов, представлены работы по разработке программного обеспечения инженерных расчётов, по современным технологиям в организации образовательной деятельности.

Сборник предназначен для химиков и химиков-технологов широкого профиля, в том числе для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов, студентов высших учебных заведений, работников НИИ, заводских лабораторий, природоохранных учреждений.

Статьи публикуются в авторской редакции.

УДК 541.13: 541:18: 621.35:544.6:677.4:678.04

ББК 24

ISBN 978-5-6049265-1-2

© Министерство науки и высшего образования РФ, 2023

© СГТУ им. Гагарина Ю.А., 2023



**55-летию
направления «Технология электрохимических производств»
в Энгельском технологическом институте
ПОСВЯЩАЕТСЯ**



Металлсодержащие гальваношламы - ресурсосберегающие материалы для получения промышленных товаров	154
Киреев С.Ю., Штепа В.Н., Штепа А.Г., Киреева С.Н., Камардина Н.В., Шикунец А.Б. Использование электрохимических технологий для водоподготовки и очистки сточных вод	159
Мавлетов М.Н., Березин Н.Б., Межевич Ж.В. Электрохимические технологии в экологии и водоподготовке	163
Мурыгина Е.Р., Ялымова Т.Ю. Исследование возможности совершенствования реагентного способа очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов	166
Коновалов Д.Н., Лазарев С.И., Коновалов Д.Д., Малин П.М. Особенности электронанофильтрационного выделения ионов SO_4^{2-} , PO_4^{3-} и Zn^{2+} из технологических растворов гальванических производств	170
Сатараев Д.А., Лестев А.Е., Дресвянников А.Ф. Экологический аспект применения производных 4-изофенилфенола в качестве ингибиторов коррозии в нефтяной промышленности	174
Мартынюк Ю.П., Подосёнов М.А. Электронный нос на базе стандартных датчиков газа	178
Бычкова Е.В., Кодиров Х.Б., Трущелев А.В., Коржов Н.Д., Щербина Н.А. Исследование биоразлагаемости полимерного пленочного материала на основе полилактида	182
Лазарева Е.Н., Ольшанская Л.Н., Татаринцева Е.А., Черемухина И.В., Черемухин В.А., Лазарев Д.А., Науменко К.А. Технологии получения катализаторов на основе оксидов переходных металлов и области их применения	186
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ	
Мостовой А.С., Ким М.Ю., Жижин Н.Д., Свиткина В.В., Бекешев А.З. Эпоксидные композиты, наполненные исходной и электрохимически модифицированной кремнистой породой	190
Прокопович К.В., Киселев Н.В., Питер Огбуна Оффор, Бурмистров И.Н., Метленкин Д.А. Полимерный композиционный материал на основе поливинилового спирта, наполненного углеродными квантовыми точками с улучшенной электронной проводимостью	194
Леонов Д.В., Левкина Н.Л., Устинова Т.П. Нормативно-технологические вопросы получения полиамида-6, модифицированного на стадии синтеза окисленным графитом	200
Лабурченко Е.О., Борисова Н.В., Сладков О.М., Устинова Т.П. Антикоррозионные покрытия трубопроводов в нефтегазовой	204