

Нефтегазовое дело. 2023. № 2. С. 84–96. ISSN 1813-503X (online)
Oil and Gas Business. 2023. No. 2, P. 84–96. ISSN 1813-503X (online)

Научная статья

УДК 620.1

doi <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-84-96>

ПОЛУЧЕНИЕ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

**Дарья Сергеевна Бычек¹, Лилия Зайнулловна Касьянова¹,
Айгуль Акрамовна Исламутдинова¹,
Эльмира Курбангалиевна Аминова¹, Яна Радиковна Янтурина¹,
Иван Александрович Соколов²**

**¹Институт химических технологий и инжиниринга Уфимского
государственного нефтяного технического университета
(филиал в г. Стерлитамаке), Стерлитамак, Россия**

**²Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия**

Автор, ответственный за переписку:

Эльмира Курбангалиевна Аминова, k.elmira.k@yandex.ru

Аннотация. Разрушение оборудования нефтехимических производств от кислотной коррозии является одной из основных экологических проблем, стоящих перед нефтеперерабатывающей промышленностью. Коррозия металлов, а с ней коррозионное разрушение металлоконструкций: трубопроводов, резервуаров, реакторов, цистерн и многого другого, может вызвать снижение их функциональности, а также аварийные ситуации с непредвиденным изливом агрессивных и биологически опасных жидкостей

и газов, что приведет к местному усилению загрязнения окружающей среды. Перспективным способом защиты конструкционной стали от кислотной коррозии является применение ингибиторов коррозии. В работе рассмотрено влияние последствий коррозии на загрязнение окружающей среды. Получен ингибитор коррозии на основе жирных кислот, полученных из рапсового и подсолнечного масел и моноэтаноламина, диэтаноламина. Исследованы антикоррозионные свойства полученных веществ.

Ключевые слова: коррозия металлов, экологическая проблема, ингибитор коррозии, рапсовое масло, подсолнечное масло, кислотное число, антикоррозионные свойства

Для цитирования: Бычек Д. С., Касьянова Л. З., Исламутдинова А. А., Аминова Э. К., Янтурина Я. Р., Соколов И. А. Получение ингибитора коррозии на основе растительных масел // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2023. № 2. С. 84–96. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-84-96>.

Original article

OBTAINING A CORROSION INHIBITOR BASED ON VEGETABLE OILS

**Darya S. Bychek¹, Liliya Z. Kasyanova¹, Aigul A. Islamutdinova¹,
Elmira K. Aminova¹, Yana R. Yanturina¹, Ivan A. Sokolov²**

**¹Institute of Chemical Technology and Engineering, Ufa State Petroleum
Technological University (Branch in Sterlitamak), Sterlitamak, Russia**

²Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Corresponding author:

Elmira K. Aminova, k.elmira.k@yandex.ru

Abstract. The destruction of petrochemical production equipment caused by acid corrosion is one of the main environmental problems the oil refining industry is facing with. Metal corrosion, including corrosive destruction of metal structures: pipelines, tanks, reactors and so on, can cause their functionality decrease, as well as emergency situations with spills of aggressive and biologically hazardous liquids and gases, which will lead to a local increase in environmental pollution. A promising method to protect structural steel from acid corrosion is the use of corrosion inhibitors. The paper considers the impact of corrosion effects on environmental pollution. A corrosion inhibitor based on fatty acids obtained from rapeseed and sunflower oils and monoethanolamine, diethanolamine was obtained. The anticorrosive properties of the obtained substances are investigated.

Keywords: metal corrosion, environmental problem, corrosion inhibitor, rapeseed oil, sunflower oil, acid number, anticorrosive properties

For citation: Bychek D. S., Kasyanova L. Z., Islamutdinova A. A., Aminova E. K., Yanturina Ya. R., Sokolov I. A. Poluchenie ingibitora korrozii na osnove rastitel'nykh masel [Obtaining a Corrosion Inhibitor Based on Vegetable Oils]. *Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo»* – *Network Journal «Oil and Gas Business»*, 2023, No. 2, pp. 84–96 [in Russian]. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-84-96>.

В системах водоснабжения и отопления, трубопроводах коррозия металлов является большой проблемой в промышленности и в быту. По разным оценкам, 10–20 % от объема металла, который добывают ежегодно, теряется из-за коррозии. Затраты на ремонт или на замену деталей исчисляются миллиардами рублей.

Одним из наиболее эффективных способов борьбы с коррозией металлов в различных агрессивных средах является применение ингибиторов. Их введение возможно без нарушения существующего технологического процесса и почти не требует установки дополнительного оборудования.

В последние годы возрастает интерес к получению веществ из экологически чистого природного сырья. О возможности получения

ингибиторов коррозии из растительного сырья и их эффективности известно достаточно давно [1–4].

Стоит отметить, что масложировые предприятия страны производят широкий ассортимент растительных масел, наиболее распространенными среди них являются подсолнечное и рапсовое масла. Так, при выборе в качестве сырья данных масел полезными строительными блоками для гидрофобной части получаемого нами вещества будут являться жирные кислоты, поскольку они содержат реакционноспособную карбоксильную группу, тогда как основная часть молекулы в основном инертна.

Известно, что растительные масла на 94–96 % состоят из смесей триглицеридов высших жирных кислот. Оставшуюся часть составляют вещества, близкие к жирам (витамины, фосфолипиды и др.), свободные жирные кислоты и прочие компоненты. Молекулы же непредельных карбоновых кислот позволяют полученному материалу проявлять поверхностную активность, а ингибирующие свойства повышают наличие таких элементов, как азот, кислород и сера.

Также ранее уже была изучена возможность амидирования олеиновой кислоты моноэтаноламином (МЭА) и диэтаноламином (ДЭА) [5].

Целью данной работы является получение ингибитора коррозии из жирных кислот рапсового и подсолнечного масел и этаноламинов, а также исследование их антикоррозионных свойств.

Исходные вещества синтеза ингибитора коррозии: жирные кислоты рапсового и подсолнечного масел (ЖКРМ и ЖКПМ), а также моноэтаноламин и диэтаноламин [6, 7].

Жирные кислоты рапсового и подсолнечного масел содержат в своем составе предельные кислоты: линолевую, линоленовую, олеиновую, пальмитиновую, стеариновую. Состав жирных кислот данных масел приведен в таблице 1. Расчет молекулярной массы производили исходя из хроматографического состава [8].

Получают жирные кислоты путем безреактивного гидролиза растительного масла с последующей дистилляцией смеси.

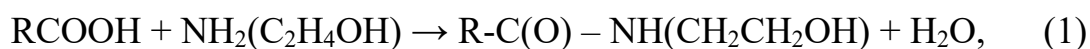
Таблица 1. Составы жирных кислот рапсового и подсолнечного растительных масел

Table 1. The compositions of fatty acids of rapeseed and sunflower vegetable oils

Масло	Олеиновая кислота, %	Линолевая кислота, %	Линоленовая кислота, %	Стеариновая кислота, %	Пальмитиновая кислота, %
Рапсовое	60,7	20,4	9,7	1,9	4,2
Подсолнечное	42,5	46	1	5	6,5

Получение алканоламидов протекает в процессе взаимодействия жирных кислот рапсового и подсолнечного масел (ЖКРМ и ЖКПМ) с моноэтаноламином (МЭА) или диэтаноламином (ДЭА) при температуре от 150 °С до 170 °С в мольном соотношении 1 : 1.

При применении МЭА при эквимольном соотношении реагентов реакция идет по следующей схеме:



где R – остаток жирной кислоты.

При использовании ДЭА реакция идет по схеме:



где R – остаток жирной кислоты.

В реактор, снабженный механической мешалкой, термометром, холодильником и капельной воронкой, загрузили исходные вещества.

Реакционную смесь перемешивали до выделения расчетного количества воды (около 4–6 ч), одновременно производили отгон воды и легкокипящих компонентов.

Получено 2 вида моноэтаноламидов и 2 вида диэтаноламидов:

- моноэтаноламид на ЖКРМ – КРМА (образец 1);
- моноэтаноламид на ЖКПМ – КПМА (образец 2);
- диэтаноламид на ЖКРМ – КРДА (образец 3);
- диэтаноламид на ЖКПМ – КПДА (образец 4).

Ход процесса синтеза контролировали по изменению кислотного числа (К.Ч.). Кислотное число определяли методом титрования по ГОСТ Р 52110-2003. Метод основан на растворении масла в эфирно-спиртовой смеси (2 : 1) с последующим быстрым титрованием пробы щелочью в присутствии индикатора фенолфталеина до слабо-розового окрашивания.

Значения кислотного числа синтезированных МЭА и ДЭА в конце процесса представлены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение кислотного числа в процессе получения алканоламидов

Table 2. Change in acid number during alkanolamide production

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
К.Ч., мг КОН/г	5,2–5,3	5,2–5,3	4,5	5,5–5,7

Полученные продукты при комнатной температуре, а именно КРДА, КПДА, представляют собой вязкую массу темно-коричневого цвета. КРМА представляет собой вязкий продукт. КПМА – мазеобразный продукт коричневого цвета со специфичным запахом. Продолжительность

процессов получения составила ≈ 10 ч. Выход целевых продуктов составил 95-99 %.

Изучены физико-химические показатели полученных соединений, согласно которым аминное число варьируется от 22–24 мг НС1 на 1 г, которые могут быть использованы в качестве ингибиторов коррозии металлов. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели физико-химических свойств полученных алканоламидов

Table 3. Indicators of the physical and chemical properties of alkanolamides obtained

Соединения	Аминное число, мг НС1, на 1 г продукта, не менее 20	Кислотное число, мг КОН, на 1 г продукта, не более 4,0	Массовая доля азота, %, не менее 2,4	Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не менее 160
1	24,2	3,2	2,8	175
2	24,0	2,9	2,7	172
3	22,3	2,7	2,6	173
4	22,5	2,8	2,6	176

Синтезированные ингибиторы коррозии проявили, кроме ожидаемых антикоррозионных, свойства поверхностно-активных веществ: эмульгирующие, смачивающие и немного пенообразующие. Также они легко растворяются в ацетоне, ксилоле и диметилформамиде. Содержание сухого остатка 95,4–96,8 %.

В работе были исследованы ингибирующие свойства полученных соединений. В ходе исследования для проверки на антикоррозионные свойства было получено 4 соединения. Антикоррозионные свойства потенциальных ингибиторов коррозии металлов исследованы в статических

условиях с концентрацией соляной кислоты 1М при 20 °С. При данных условиях все синтезированные вещества проявили высокую антикоррозионную активность. Поэтому далее продукты были оценены в действии против соляно-кислотной коррозии при травлении стали. Полученные нами результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Защитная эффективность алканоламидов

Table 4. Protective effectiveness of alkanolamides

Концентрация HCl, моль·л ⁻¹	Соединение	Концентрация ингибитора, г·л ⁻¹	Скорость коррозии, г·м ⁻² ·ч ⁻¹	Степень защиты, %
1,0	–	–	2,05	–
	1	0,1	0,15	90,3
	2	0,1	0,14	91,6
	3	0,1	0,11	92,8
	4	0,1	0,10	94,2
5,0	–	–	67,4	–
	1	0,1	6,8	94,0
	2	0,1	7,3	92,4
	3	0,1	25,6	68,6
	4	0,1	31,2	53,7

Содержание жирных кислот в рапсовом и подсолнечном маслах было определено методом газожидкостной хроматографии в соответствии с ГОСТ 30418-96. Для преследуемых нами целей наиболее подходящим вариантом является рапсовое масло. Оно характеризуется низким уровнем насыщенных жирных кислот (около 6 % от общего количества), относительно высоким уровнем мононенасыщенной олеиновой кислоты (60,7 %) и средним уровнем полиненасыщенных жирных кислот (30 %).

В семенах рапса содержится от 38 % до 45 % масла. Нерафинированное масло имеет темно-желтый с зеленоватым оттенком цвет, специфический запах и вкус. Рапсовое масло имеет как пищевое, так и техническое применение. Особенностью жирнокислотного состава рапсового масла является высокое содержание олеиновой кислоты (до 65 %).

Применение природного сырья для синтеза обусловлено меньшей токсичностью получаемого вещества, чем при использовании сырья нефтехимического производства.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что синтезированные алканоламиды на основе жирных кислот рапсового и подсолнечного масел, а также моноэтаноламина и диэтаноламина проявляют высокую ингибирующую активность. Следовательно, могут быть рекомендованы к использованию в качестве ингибиторов коррозии металлического оборудования, что позволит снизить экологическую нагрузку предприятий нефтехимического комплекса на окружающую среду.

Список источников

1. Пучин Е.А., Гайдар С.М. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники. М.: Росинформагротех, 2011. 512 с.
2. Ананьева Г.Ф., Школьников Е.В., Никандров Б.Ф. Кинетические показатели ингибитора, полученного из растительного сырья // Борьба с коррозией в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1988. С. 140.
3. Школьников Е.В., Ананьева Г.Ф. Ингибирование кислотной коррозии сталей водорастворимыми веществами еловой коры // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 1997. № 5. С. 81-87.

4. Щетинина Г.П., Чернов Б.Б., Земнухова Л.А., Харченко У.В. Изучение ингибирующего действия веществ, выделенных из отходов переработки растительного сырья // Транспортное дело России. 2005. № 3. С. 135-136.

5. Чернова А.С., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К., Идрисова В.А. Ингибиторы кислотной коррозии на основе амидов олеиновой кислоты // Системы контроля окружающей среды. 2022. Вып. 1 (47). С. 43-48. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-1-43-48. EDN: PFDTLY.

6. Лутфуллина Г.Г. Исследования характеристик свойств синтезированных диэтаноламидов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 6. С. 44-47. EDN: NPIZIZ.

7. Лутфуллина Г.Г. Энергоресурсосберегающие технологии получения кожевенного и мехового полуфабриката с применением разработанных аминокислотсодержащих пав и плазменной обработки: дис. ... д-ра. техн. наук. Казань, 2012. 432 с.

8. Ржехин В.П. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности: В 5 Т. Специальные методы анализа и технохимический контроль в рафинации и гидрогенизации жиров и масел и в производстве пищевых жиров. Л.: [б. и.], 1964. Т. 3. 494 с.

References

1. Puchin E.A., Gaidar S.M. *Khranenie i protivokorroziionnaya zashchita sel'skokhozyaistvennoi tekhniki* [Storage and Anti-Corrosion Protection of Agricultural Machinery]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2011. 512 p. [in Russian].

2. Anan'eva G.F., Shkolnikov E.V., Nikandrov B.F. Kineticheskie pokazateli ingibitora, poluchennogo iz rastitel'nogo syr'ya [Kinetic Parameters of the Inhibitor Obtained from Vegetable Raw Materials]. *Tezisy dokladov Vsesoyuznoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Bor'ba s korroziei v neftepererabatyvayushchei i neftekhimicheskoi promyshlennosti»* [Abstracts of the All-Union Scientific and Technical Conference «Fighting Corrosion in the Oil Refining and Petrochemical Industry»]. Moscow, TsNIITeneftkhim Publ., 1988. pp. 140. [in Russian].

3. Shkolnikov E.V., Ananeva G.F. Ingibirovanie kislотноi korrozii stalei vodorastvorimymi veshchestvami elovoi kory [Inhibition of Acid Corrosion of Steels by Water-Soluble Substances of Spruce Bark]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii – Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoi akademii*, 1997, No. 5, pp. 81-87. [in Russian].

4. Shchetinina G.P., Chernov B.B., Zemnukhova L.A., Kharchenko U.V. Izuchenie ingibiruyushchego deistviya veshchestv, vydelennykh iz otkhodov pererabotki rastitel'nogo syr'ya [Study of the Inhibitory Effect of Substances Isolated from Waste Products of Vegetable Raw Materials Processing]. *Transportnoe delo Rossii – Transport Business of Russia*, 2005, No. 3, pp. 135-136. [in Russian].

5. Chernova A.S., Islamutdinova A.A., Aminova E.K., Idrisova V.A. Ingibitory kislотноi korrozii na osnove amidov oleinovoй kisloty [Acid Corrosion Inhibitors Based on Oleic Acid Amides]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy – Monitoring Systems of Environment*, 2022, Issue 1 (47), pp. 43-48. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-1-43-48. EDN: PFDTLY. [in Russian].

6. Lutfullina G.G. Issledovaniya kharakteristik svoystv sintetirovannykh dietanolamidov [Studies of the Characteristics of the Properties of the Synthesized Diethanolamides]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Herald of Kazan Technological University*, 2011, No. 6, pp. 44-47. EDN: NPIZIZ. [in Russian].

7. Lutfullina G.G. *Energoresursosberegayushchie tekhnologii polucheniya kozhevennogo i mekhovogo polufabrikata s primeneniem razrabotannykh aminosoderzhashchikh pav i plazmennoi obrabotki: dis. d-ra. tekhn. nauk* [Energy-Saving Technologies for Obtaining Leather and Fur Semi-Finished Products Using the Developed Amine-Containing Surfactants and Plasma Treatment: Doct. Engin. Sci. Diss.]. Kazan, 2012. 432 p. [in Russian].

8. Rzhekhin V.P. Rukovodstvo po metodam issledovaniya, tekhnokhimicheskomu kontrolyu i uchetu proizvodstva v maslozhirovoi promyshlennosti: V 5 T. Spetsial'nye metody analiza i tekhnokhimicheskii kontrol' v rafinatsii i gidrogenizatsii zhirov i masel i v proizvodstve pishchevykh zhirov [Guide to Research Methods, Technochemical Control and Production Accounting in the Oil and Fat Industry: In 5 Volumes. Special Methods of Analysis and Technological Control in the Refining and Hydrogenation of Fats and Oils and in the Production of Edible Fats]. Leningrad, [b. i.] Publ., 1964. Vol. 3. 494 p. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Бычек Дарья Сергеевна, студент кафедры «Общая химическая технология», Институт химических технологий и ижиниринга, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал в г. Стерлитамаке), Стерлитамак, Россия

Darya S. Bychek, Student of General Chemical Technology Department, Institute of Chemical Technology and Engineering, Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Sterlitamak), Sterlitamak, Russia

bychek.darya@mail.ru

Касьянова Лилия Зайнулловна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Общая химическая технология», Институт химических технологий и ижиниринга, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал в г. Стерлитамаке), Стерлитамак, Россия

Liliya Z. Kasyanova, Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor of General Chemical Technology Department, Institute of Chemical Technology and Engineering, Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Sterlitamak), Sterlitamak, Russia

kasyanova-liliya@mail.ru

Исламутдинова Айгуль Акрамовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая химическая технология», Институт химических технологий и ижиниринга, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал в г. Стерлитамаке), Стерлитамак, Россия

Aigul A. Islamutdinova, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of General Chemical Technology Department, Institute of Chemical Technology and Engineering, Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Sterlitamak), Sterlitamak, Russia

Aygul_ru@mail.ru

Аминова Эльмира Курбанаглиевна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Общая химическая технология», Институт химических технологий и ижиниринга, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал в г. Стерлитамаке), Стерлитамак, Россия

Elmira K. Aminova, Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor of General Chemical Technology Department, Institute of Chemical Technology and Engineering, Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Sterlitamak), Sterlitamak, Russia

k.elmira.k@yandex.ru

Янтурина Яна Радиковна, студент кафедры «Общая химическая технология», Институт химических технологий и ижиниринга, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал в г. Стерлитамаке), Стерлитамак, Россия

Yana R. Yanturina, student of General Chemical Technology Department, Institute of Chemical Technology and Engineering, Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Sterlitamak), Sterlitamak, Russia

yana140303@gmail.com

Соколов Иван Александрович, студент кафедры «Информационной технологии и прикладной математики», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Ivan A. Sokolov, Student of Information Technology and Applied Mathematics Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

ezirov77@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 30.01.2023; одобрена после рецензирования 15.02.2023; принята к публикации 15.03.2023.

The article was submitted 30.01.2023; approved after reviewing 15.02.2023; accepted for publication 15.03.2023.