

УДК 620.197.3

История развития коррозионных исследований в ИФХЭ РАН. II. Парофазная защита металлов от атмосферной коррозии ингибиторами¹

Ю.И. Кузнецов и Н.Н. Андреев*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН), 119071, г. Москва, Ленинский проспект д. 31, корп. 4

*E-mail: n.andreev@mail.ru

Аннотация

Обзор продолжает серию публикаций, посвященных развитию коррозионных исследований в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина. Он посвящен парофазной защите металлов от атмосферной коррозии органическими ингибиторами. Анализируются работы сотрудников лабораторий Ингибиторов коррозии, Физико-химических основ ингибирования коррозии и Окисления и пассивации металлов и сплавов.

Ключевые слова: атмосферная коррозия, ингибиторы атмосферной коррозии, парофазная защита, летучие ингибиторы, камерные ингибиторы.

Поступила в редакцию 06.11.2025 г.; После доработки 09.11.2025 г.; Принята к публикации 12.11.2025 г.

doi: [10.61852/2949-3412-2025-3-4-49-60](https://doi.org/10.61852/2949-3412-2025-3-4-49-60)

Введение

По данным НАСЕ в начале этого века прямой ущерб от коррозии в США составлял 276 миллиардов долларов в год [1]. В России потери от коррозии не оценивали, однако оснований считать, что ситуация в нашей стране значительно лучше нет: 40–60% этих потерь приходится на атмосферную коррозию [2, 3]. Эффективные средства защиты металлов от нее – парофазные ингибиторы коррозии: летучие (ЛИК) и камерные (КИН).

¹ Исследование выполнено в рамках НИОКТР (2025-2027 гг): «Развитие физико-химических основ процессов коррозии металлов и сплавов и методов их защиты», (Регистрационный номер 125012200581-1)

Летучие ингибиторы коррозии

ЛИК – ингибиторы с высоким давлением насыщенных паров (p^0). Их применение целесообразно при возможности, хотя бы частичной герметизации защищаемого объема (плотно закрывающиеся металлические баки, металлоизделия, упакованные в полимерные пакеты, герметичные контейнеры, ящики и т.д.). При совместной герметизации источника ЛИК и металлоизделия, ингибитор испаряется, насыщает парами защищаемый объем, в виде паров достигает металла, растворяется в поверхностной влаге и/или адсорбируется на металле из газовой фазы и формирует антикоррозионные пленки. Пары ЛИК проникают в щели, зазоры и глухие отверстия, недоступные контактными ингибиторам.

Работы по парофазной защите металлов ЛИК проводятся в ИФХЭ РАН с 60-х годов прошлого столетия. Основные результаты, полученные в XX веке, подытожены в монографии [4] и многочисленных обзорах [5–7].

В 60-70-х годах И.Л. Розенфельд и В.П. Персианцева с сотрудниками исследовали способность широкого круга аминов, их солей с бензойной и нитробензойной кислотами к парофазной защите черных и цветных металлов. Анализировались физико-химические характеристики этих соединений, влияющие на эффективность этих ЛИК и их технологические свойства. Отмечалось влияние на защиту металлов молекулярных масс аминов, значений их pK_a , дипольных моментов, потенциалов ионизации и др. Установлено, что сами амины значительно уступают по защитным свойствам бензоатам и, еще в большей степени, нитробензоатам. Исследовано влияние этих солей на коррозионно-электрохимическое поведение металлов в модельных электролитах. Большое внимание уделялось экспериментальной оценке p^0 препаратов. Показано, что в качестве ЛИК могут использоваться ингибиторы с p^0 выше 10^{-5} мм. рт. ст.

Эти исследования легли в основу разработки эффективных ЛИК, некоторые из которых (например, МБГИ – метанитробензоат гексаметиленмина), используются на практике по сей день.

Помимо солевых ЛИК, широкое практическое применение получили т.н. гетероалкилированные амины – третичные амины, содержащие в одной из цепей гетероатомы. Эти соединения были объединены названием «ИФХАН» (Институт Физической Химии Академии Наук) и до недавнего времени (ИФХАН-1 и ИФХАН-100) использовались на практике. Позднее этой аббревиатурой стали маркироваться и не только ЛИК, но и другие ингибиторы, разработанные в Институте.

ЛИК ИФХАН-1, -100, -110 являлись жидкостями. В некоторых случаях это создавало неудобства. Сотрудниками ИФХЭ РАН было предложено пропитывать ими прокаленный силикагель. Новые материалы, получившие название линасилей (летучие ингибиторы на силикагеле), нарабатывались и нарабатываются промышленно. В виде линасилей, в настоящее время производятся ИФХАН-8, -61, -

118 [8]. Как правило, линасилы обладают большей эффективностью, чем используемые для их пропитки ЛИК. Они не только являются источником паров ЛИК, но и способны поглощать пары воды в защищаемом объеме, что обеспечивает дополнительную защиту изделий.

К середине 80-х годов работы исследования в области парофазной защиты металлов замедлились. Это имело объективные и субъективные причины: разработанные к тому моменту ЛИК, ИФХАН-1, -100, -110 позволяли решать широкий спектр практических задач по защите металлов от атмосферной коррозии и полностью удовлетворяли требованиям того времени. С другой стороны, после смерти И.Л. Розенфельда и В.П. Персианцевой, у лаборатории Ингибиторов коррозии, где проводились исследования в области парофазной защиты, изменилась научная направленность.

Новый виток развития тематика получила в 90-х годах. Кризисные явления в отечественной химической промышленности привели к прекращению выпуска ЛИК ИФХАН-1, -100, -110. Эти ингибиторы больше не были обеспечены отечественным сырьем. Кроме того, их производство было связано с тонким органическим синтезом. Всё это в эпоху рыночной экономики определило резкий рост стоимости препаратов. Более того, значительно ужесточились требования к токсичности средств временной защиты металлов. Ингибиторы же ИФХАН-1, -100, -110 относились к 1-2 классам опасности. Образовавшийся на рынке вакуум стал быстро заполняться импортными ЛИК. Они проникали во все области хозяйства, включая оборонную промышленность. Это актуализировало исследования в области парофазной защиты металлов от атмосферной коррозии и разработку новых, отвечающих современным требованиям, ЛИК и материалов на их основе.

К концу XX века было понятно, что ЛИК должны быть, во-первых, ингибиторами, во-вторых – иметь высокое p^0 . К этому времени была изучена возможность широкого круга органических соединений тормозить коррозию металла. Работы Ю.И. Кузнецова с сотрудниками, обобщённые в [9], позволяли корреляционными методами оценивать влияние структуры различных классов органических ингибиторов коррозии на их эффективность в нейтральных средах, в том числе электролитах, моделирующих условия атмосферной коррозии. Однако возможность использования органических ингибиторов, как ЛИК, оценивалась эмпирически в трудоемких экспериментах [10–12]. Актуальной задачей в это время было создание системы расчетной оценки давления паров.

Работая в этом направлении, сотрудниками лаборатории Физико-химических основ ингибирования коррозии, Н.Н. Андреевым и Ю.И. Кузнецовым было предложено использование принципа линейности свободных энергий, для количественной оценки давления насыщенных паров жидких органических соединений [13–16]. Корректность использования принципа обусловлена

функциональной связью p^0 и свободной энергией испарения жидких соединений ($\Delta G_{\text{исп}}^0$):

$$\lg p^0 = \frac{\Delta G_{\text{исп}}^0}{2,3 \cdot RT}$$

Разработана шкала ξ_R -констант летучести – структурных характеристик, отражающих влияние природы заместителя (R) на стандартное изменение свободной энергии испарения замещенного соединения. Для расчета ξ_R были использованы данные по давлениям насыщенных паров жидких монозамещенных бензолов, принятых за стандартную серию соединений:

$$\xi_R = \lg p^{0,Ph-R} - \lg^{0,Ph-H}$$

Рассчитаны и табулированы величины ξ_R для 377 заместителей различного строения.

На первом этапе работ была показана возможность оценки упругости паров различных классов монозамещенных жидких ароматических соединений, исходя из их строения и данных, обеспечивающих расчет опорной корреляции вида:

$$\lg p^{0,X-R} = a + k_X \xi_R$$

Этот факт иллюстрируют линейные зависимости $\lg p^{0,X-R} - \xi_R$ для замещенных жидких нафталинов и тиофенов, приведенные на Рисунке 1.

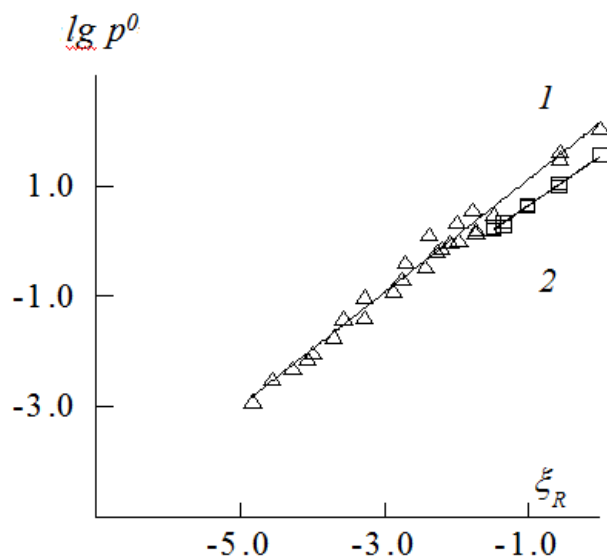


Рисунок 1. Зависимость $\lg p^0$ жидких монозамещенных нафталинов (1) и тиофенов (2) от ξ_R .

Метод оказался применим и для оценки летучести жидких соединений алифатических и алициклических рядов (Рисунок 2).

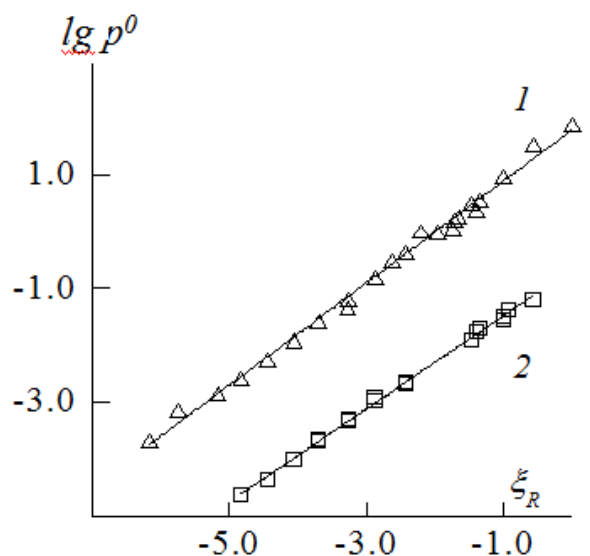


Рисунок 2. Зависимость $\lg p^0$ жидких монозамещенных гексанов (1) и циклогексанов (2) от ξ_R .

Кроме того, была установлена независимость и аддитивность вкладов заместителей в $\Delta G_{\text{исп}}^0$ и показана применимость метода к жидким полизамещенным соединениям (Рисунок 3).

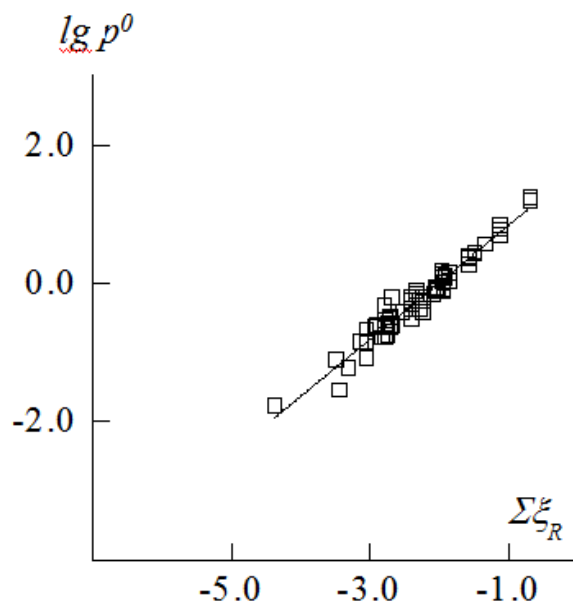


Рисунок 3. Зависимость $\lg p^0$ жидких дизамещенных бензолов от $\Sigma \xi_R$.

Таким образом, впервые была создана методология расчетной оценки давления паров органических соединений, удовлетворяющая потребности, связанные с

разработкой ЛИК. Это позволило значительно расширить круг органических ингибиторов атмосферной коррозии – потенциальных ЛИК, в т.ч. промышленно производимых в РФ.

Однако для направленного подбора эффективных ЛИК необходимо было создание модели их действия и понимание особенностей защиты ЛИК металлов в различных условиях. Основные положения модели были сформулированы в конце прошлого века для идеальных изолированных систем в работах Э.М. Агреса [17, 18]. Сотрудниками ИФХЭ РАН модель была адаптирована к реальным герметичным и не полностью герметичным системам [19, 20]. В современном виде она основывается на следующих постулатах:

- атмосферная коррозия протекает в тонких пленках поверхностного электролита;
- защита металла ЛИК реализуется при концентрации ингибитора в поверхностном электролите ($C_{\text{инг}}$) выше защитной ($C_{\text{защ}}$).
- нарушение условия $C_{\text{инг}} > C_{\text{защ}}$ ведет спустя определенное время (защитное последствие ингибитора – ЗП) к инициированию коррозии.

При консервации металлоизделий создается система, близкая к изолированной. Нормативные документы рекомендуют тщательно герметизировать защищаемый объем и выдерживать его при постоянной температуре. Защита металла обеспечивается, если пары ЛИК, диффундируя от источника, создают в поверхностном электролите на металле $C_{\text{защ}}$, раньше, чем коррозия повредит металл. Для таких систем, критерием эффективности ЛИК является радиус защиты. Он возрастает симбатно p^0 ингибитора и антибатно $C_{\text{защ}}$. Системы, защищенные ЛИК в начальный момент времени, остаются, при отсутствии обменных взаимодействий со средой, защищенными длительное время.

Одной из причин инициирования коррозии в системах, защищенных ЛИК, является массообмен со средой – испарение из нее ингибитора. При падении $C_{\text{инг}}$ ниже $C_{\text{защ}}$ происходит инициирование коррозии. Критерием эффективности ЛИК в таких не полностью герметичных системах является продолжительность защиты ($\tau_{\text{защ}}$). Она возрастает симбатно ЗП ингибитора и антибатно p^0 и $C_{\text{защ}}$.

В герметичных объемах защита металлов ЛИК может нарушаться за счет теплообменных процессов. Возникающий при них градиент температур способен вызвать перераспределение ЛИК в поверхностной влаге, аналогично происходящему при дистилляции растворов. При этом падение $C_{\text{инг}}$ ниже $C_{\text{защ}}$ приводит к коррозии. Критерием эффективности ЛИК в герметичных объемах является $\tau_{\text{защ}}$, которая зависит от режима теплообмена и возрастает симбатно их ЗП и антибатно $C_{\text{защ}}$. Однако каковы бы ни были эти параметры, для ЛИК не образующих с водой азеотропные растворы, всегда может существовать режим теплообмена, приводящий к инициированию коррозии.

В ИФХЭ РАН сформулирован новый принцип защиты металлов ЛИК в герметичных объемах: обеспечить защиту металла в них могут ЛИК, образующие с водой азеотропные растворы. Анализируя диаграмму «состав – давление пара» двойных смесей вода – ЛИК с азеотропной точкой (Рисунок 4.) Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов показали, что для ЛИК, образующих с водой азеотропный раствор в дозировке, обеспечивающей равновесную $C_{инг}$ в поверхностном электролите, превышающую концентрацию азеотропа $C_{аз}$, если $C_{аз} > C_{защ}$ [19]. Действительно, при самых неблагоприятных условиях теплообмена поверхностный электролит, отвечающий условию $C_{инг} > C_{аз}$ может быть разделен на чистый ингибитор и его азеотропный раствор. Если при этом $C_{аз} > C_{защ}$, то инициирование коррозии невозможно.

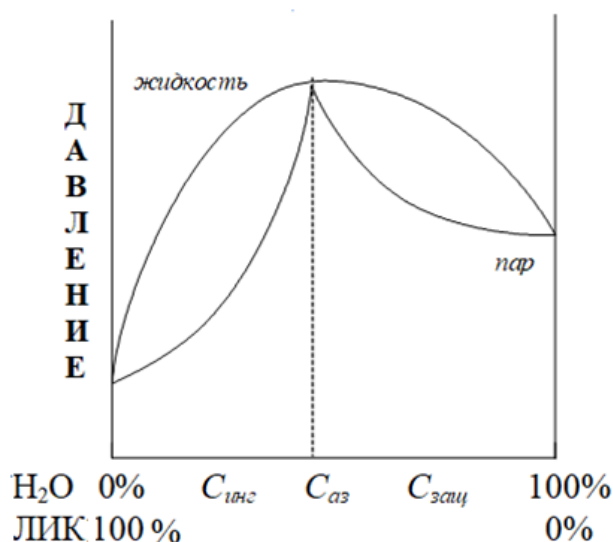


Рисунок 4. Диаграмма «состав – давление пара» двойных смесей вода – ЛИК с азеотропной точкой.

Отметим, что при разработке ЛИК основной упор сотрудниками делался не на индивидуальные соединения, а на смеси промышленно производимых веществ. Такой подход позволил значительно удешевить препараты. Особое внимание уделялось синергетическим композициям, компоненты которых усиливают защитное действие друг друга.

В [21] выведены критерии взаимного влияния компонент смесевых ингибиторов, позволяющие диагностировать эффекты синергизма и антагонизма, на основе данных о сроках полной защиты металлов. Для бинарных смесей ингибиторов 1 и 2 неравенство $\tau_{защ1,2} < \tau_{защ1} \tau_{защ2} / \tau_0$ (индекс «0» характеризует холостой опыт) свидетельствует об антагонизме компонент, а $\tau_{защ1,2} > \tau_{защ1} \tau_{защ2} / \tau_0$ – об их синергизме.

Развитие теории действия ЛИК позволили сотрудникам Института разработать спектр ингибиторов (ИФХАН-8, -61, -115, -116, -118), эффективных, не токсичных, технологичных и обеспечивающих решение широкого спектра практических задач. Применение ИФХАН-8, -61 и -118 в виде активных веществ и линасилей регламентировалось [8]. Наиболее масштабное внедрение ИФХАН-8 – консервация цистерн хранения авиационного топлива ТЗК Шереметьево; ИФХАН-118 – консервация топливных баков при реконструкции авианесущего крейсера «Адмирал Горшков», консервация газовых турбин АО ЗАО "Энергомаш" (Волгодонск) и создание модулей ингибированного воздуха для хранения военной техники.

Камерные ингибиторы коррозии

При всех достоинствах ЛИК, их применение ограничивается требованием совместной герметизации источника ингибитора и защищаемого изделия на все время консервации. Этому недостатка лишены КИН. Метод защиты металлов КИН (камерная обработка, КО) предложен Ю.И. Кузнецовым около 10 лет и интенсивно развивается в настоящее время [22–29]. Исследования в этой области нельзя в полной мере отнести к истории коррозионных исследований. Это настоящее лаборатории Окисления и пассивации металлов и сплавов. Для знакомства с ним мы рекомендуем читателям следить за текущими публикациями сотрудников лаборатории (Андреева Н.Н., Гончаровой О.А., Лучкина А.Ю., Макаровой О.С., Карауловой А.В.). Тем не менее, без краткого описания этого нового направления парофазной защиты металлов ингибиторами настоящий обзор был бы не полон.

Главные идеи метода камерной защиты:

- повышая температуру в замкнутом объеме (камере), можно добиться роста p^0 малолетучих в нормальных условиях ингибиторов до уровня, обеспечивающего быстрое формирование на металле защитных адсорбционных слоев из газовой фазы;
- при снижении температуры и разгерметизации системы, за счет низкого p^0 ингибиторов адсорбционные слои будут медленно улетучиваться с поверхности, обеспечивая длительное ЗП.

За счет такого последствия при правильном подборе ингибитора и условий КО (температуры и продолжительности) можно добиться эффективной защиты металла в атмосферных условиях.

При этом расход КИН ничтожно мал. Фактически он расходуется лишь на образование тонких адсорбционных слоев на защищаемом изделии и внутренних поверхностях камеры.

Для направленного создания КИН требовалась система прогнозирования p^0 органических соединений при различных температурах. Это возможно на базе принципа линейности свободных энергий и ξ_R констант летучести при использовании корреляционных зависимостей вида:

$$\lg p_{X-R(T)}^0 = A + B/T + C \sum \xi_R + D \sum \xi_R / T,$$

где A , B , C и D – константы, характеризующие серию соединений. Для расчета опорных корреляций этого вида предложено использовать справочные данные по температурам кипения органических соединений при различных давлениях.

Как и в случае, ЛИК, для КИН акцент делался на смеси веществ. Показано, что синергетическое взаимодействие компонентов является желательным, но не обязательным условием создания смесевых КИН с защитным действием, превышающим защитное действие составляющих. В отсутствие взаимодействия составляющих, сроки защиты металлов смесью КИН всегда больше, чем сроки защиты его компонентами.

Важной особенностью парофазной защиты изделий КИН является наличие для каждой системы «металл – ингибитор» оптимальной температуры обработки, превышение которой ведет к снижению эффективности защиты. Существование максимума на температурных зависимостях защитного действия обусловлено наличием двух противоположных тенденций. С одной стороны, с ростом температуры КО увеличивается p^0 в системе. Это, при прочих равных, ведет к росту адсорбции. С другой стороны, с ростом температуры, снижается способность металла адсорбировать пары.

Кроме того, для каждой системы «металл – КИН» существует оптимальное время КО, превышение которого не ведет к повышению защиты. За это время на поверхности формируются равновесные адсорбционные пленки КИН, толщина которых обычно не превышает 10–20 нм.

Работы в области КИН позволили разработать препараты, защищающие изделия из низкоуглеродистой стали, оцинкованной стали, цинка, меди, латуни, некоторые сплавы алюминия и магния. Есть все основания полагать, что в скором времени эти КИН найдут промышленное применение.

Список литературы

1. Н.К. Gerhardus, М.Р.Н. Brongers, N.G. Thompson, Y.P. Virmani and J.H. Payer, *Corrosion costs and preventive strategies in the United States*, Publication № FHWA–RD–01–156, Contract Numbers: DTFH61–99–X–00004, Final Report.
2. А.А. Михайлов, Ю.А. Панченко и Ю.И. Кузнецов, *Атмосферная коррозия защита металлов*, Тамбов, Изд-во Р.В. Першина, 2016, 555 с.
3. Ю.И. Кузнецов и А.А. Михайлов, Экономический ущерб и средства борьбы с атмосферной коррозией, *Коррозия: материалы, защита*, 2003, № 1, 3–10.
4. И.Л. Розенфельд и В.П. Персианцева, *Ингибиторы атмосферной коррозии*. – М.: Наука, 1985. – 278 с.
5. И.Л. Розенфельд, Летучие ингибиторы коррозии, *Коррозия и защита от коррозии. (Итоги науки и техники)*, ВИНТИ, 1971, Т. 1, 156–212.

6. В.П. Персианцева, Защита металлов от атмосферной коррозии летучими ингибиторами, *Коррозия и защита от коррозии. (Итоги науки и техники)*, ВИНТИ, 1978, Т. 7, 205–260.
7. Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, Физико-химические аспекты действия летучих ингибиторов коррозии металлов, *Успехи химии*, 2005, **74**, № 8, 755–766.
8. ГОСТ 9.014-78. ЕСЗКС *Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования.*, М., Стандартинформ, 2005, 91 с.
9. Yu.I. Kuznetsov, *Organic inhibitors of corrosion of metals.* – N.Y.: Plenum Press, 1996. – 283 p.
10. И.Л. Розенфельд, В.П. Персианцева и М.Н. Полтева, Давление насыщенных паров летучих ингибиторов, *Журнал прикладной химии*, 1969, **34**, № 10, 2056–2061.
11. И.Л. Розенфельд, М.Н. Полтева и В.П. Персианцева, Исследование физико-химических свойств летучего ингибитора коррозии дициклогексиламиннитрита, *Журнал прикладной химии*, 1961, **35**, № 7, 1474–1477.
12. М.Н. Полтева, В.П. Персианцева и И.Л. Розенфельд, *Давление насыщенного пара некоторых бензоатов и нитробензоатов аминов*, Коррозия и защита металлов. – М.: Наука, 1970. С. 140–146.
13. Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, Оценка давления насыщенного пара ароматических соединений, *Журнал физической химии*, 1993, **67**, № 9, 1912–1914.
14. Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, Оценка давления насыщенного пара ароматических соединений, *Журнал физической химии*, 1993, **67**, № 10, 1979–1982.
15. Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, О прогнозировании давления паров летучих ингибиторов коррозии, *Защита металлов*, 1996, **32**, № 2, 163–169.
16. Н.Н. Андреев, О количественной оценке давления паров летучих ингибиторов коррозии, *Защита металлов*, 1998, **34**, № 2, 123–133.
17. Э.М. Агрес, О роли диффузии летучих ингибиторов при защите от атмосферной коррозии, *Журнал прикладной химии*, 1992, **65**, № 3, 571–577.
18. Э.М. Агрес, Прогнозирование эффективности летучих ингибиторов атмосферной коррозии, *Журнал прикладной химии*, 1993, **66**, № 5, 1044–1047.
19. Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, Защита металлов летучими ингибиторами в условиях теплообмена, *Защита металлов*, 2002, **38**, № 5, 470–473.
20. Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, Летучие ингибиторы коррозии металлов. Часть 2. Особенности защиты систем с различной изоляцией, *Коррозия: материалы, защита*, 2004, № 3, 26–29.
21. А.Ю. Лучкин, И.В. Цветкова, О.А. Гончарова и Н.Н. Андреев, Смесевые камерные ингибиторы стали. Взаимодействие компонентов, *Коррозия: материалы, защита*, 2021, № 6, 20–29.

-
22. А.Ю. Лучкин, О.А. Гончарова, Н.Н. Андреев и Ю.И. Кузнецов, Новый метод защиты металлов от атмосферной коррозии, *Практика противокоррозионной защиты*, 2017, № 4, 7–12.
 23. O.A. Goncharova, A. Yu. Luchkin, Yu.I. Kuznetsov, N.N. Andreev, N.P. Andreeva and S.S. Vesely, Octadecylamine, 1,2,3-benzotriazole and a mixture thereof as chamber inhibitors of steel corrosion, *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2018, 2, 203–212. doi: [10.17675/2305-6894-2018-7-2-7](https://doi.org/10.17675/2305-6894-2018-7-2-7)
 24. О.А. Гончарова, А.Ю. Лучкин, Ю.И. Кузнецов и Н.Н. Андреев, Парофазная защита цинка от атмосферной коррозии малолетучими органическими ингибиторами, *Коррозия: материалы, защита*, 2018, № 8, 8–13.
 25. О.А. Гончарова, А.Ю. Лучкин, Н.Н. Андреев, Ю.И. Кузнецов и Н.П. Андреева, Камерная защита меди от атмосферной коррозии соединениями класса триазолов, *Коррозия: материалы, защита*, 2019, № 7, 20–26.
 26. O.A. Betretdinova, A.Yu. Luchkin, O.A. Goncharova, Yu.I. Kuznetsov, N.N. Andreev and S.S. Vesely, Criteria of additivity in the protective effect of components of mixed corrosion inhibitors in the chamber protection of zinc and steel, *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2020, no. 2, 771–779. doi: [10.17675/2305-6894-2020-9-2-24](https://doi.org/10.17675/2305-6894-2020-9-2-24)
 27. A.Yu. Luchkin, O.A. Goncharova, Yu.B. Makarychev, I.A. Arkhipushkin, V.A. Luchkina, O.V. Dementyeva, I.N. Senchikhin and N.N. Andreev, Structuring of surface films formed on magnesium in hot chlorobenzotriazole vapors, *Materials*, 2022, 15, 6625. doi: [10.3390/ma15196625](https://doi.org/10.3390/ma15196625)
 28. А.Ю. Лучкин, О.С. Макарова, О.Ю. Графов, И.А. Кузнецов, О.А. Гончарова и Н.Н. Андреев, Камерная защита цинка индивидуальными соединениями. Этилгексановая кислота, *Коррозия: защита материалов и методы исследований*, 2023, № 2, 49–71.
 29. O.S. Makarova, A.Yu. Luchkin, O.A. Goncharova, S.S. Vesely and N.N. Andreev, Protection of zinc, galvanized steel and “galvanic zinc-steel” contact couples by chamber corrosion inhibitors. Authors’ review, *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2024, no. 4, 2200–2223. doi: [10.17675/2305-6894-2024-13-4-15](https://doi.org/10.17675/2305-6894-2024-13-4-15)

History of the development of corrosion studies of metals at the Institute of physical chemistry and electrochemistry of the Russian academy of sciences. II. Vapor phase protection of metals from atmospheric corrosion by inhibitors

Yu.I. Kuznetsov and N.N. Andreev*

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry Russian Academy of Sciences, 31-4, Leninsky prospect, 119071 Moscow, Russia

**E-mail: n.andreev@mail.ru*

Abstract

The review continues a series of publications dedicated to the development of corrosion studies at the Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry. It focuses on vapor-phase protection of metals against atmospheric corrosion by organic inhibitors. The works of researchers from the Laboratory of Corrosion Inhibitors, the Laboratory of Physicochemical Fundamentals of Corrosion Inhibition, and the Laboratory of Oxidation and Passivation of Metals and Alloys are analyzed.

Keywords: *atmospheric corrosion, atmospheric corrosion inhibitors, vapor-phase protection, volatile inhibitors, chamber inhibitors.*