



THE PROTECTIVE MECHANISM OF ORGANIC INHIBITORS AND THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THEIR PROTECTIVE EFFECT

Kiryigitova Sevara Batirovna¹

KEYWORDS

corrosion, metal, inhibitors,
hydrogen sulfide, photographic
inhibitors, colour covers,
phosphates, chromiums,
thanins

ABSTRACT

The most commonly used inhibitors and modern methods of studying their mechanism of action, as well as approaches to the development of new inhibitors, have been studied by several researchers. In this article, research on modern methods of studying the effect of inhibitors on the corrosion process, including the most common inhibitors of aqueous media, atmospheric corrosion, film inhibitors, corrosion inhibitors involving aggressive mixtures of hydrogen sulfide and concentrated acids, is presented. The results of the study of the protective effect of inhibitors of structural materials are presented according to the sources of recent years.

2181-2675/© 2023 in XALQARO TADQIQOT LLC.

DOI: 10.5281/zenodo.10001346

This is an open access article under the Attribution 4.0 International(CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

ORGANIK INGIBITORLARNING HIMOYA MEXANIZMI VA ULARNING HIMOYA EFFEKTIGA TURLI OMILLARNING TA'SIRI

KALIT SO'ZLAR/ КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

korroziya, metall,
ingibitorlar, vodorod sulfidi,
plyonka ingibitorlar, bo'yoq
qoplamalari, fosfatlar,
xromatlar, taninlar

ANNOTATSIYA/ АННОТАЦИЯ

Bugungi kunda eng ko'p qo'llaniladigan ingibitorlar va ularning ta'sir qilish mexanizmini o'rganishning zamonaviy usullari, shuningdek, yangi inhibitorlarni ishlab chiqishga yondashuvlar bir qancha tadqiqotchilar tomonidan o'rganilgan. Ushbu maqolada ingibitorlarning korroziya jarayoniga ta'sirini o'rganishning zamonaviy usullariga oid tadqiqotlar jumladan, suvli muhitning eng keng tarqalgan ingibitorlari, atmosfera korroziyasi, plyonka ingibitorlari, vodorod sulfidi va konsentrlangan kislotalarning agressiv aralashmalari ishtirokidagi korroziya ingibitorlari uchun korroziyani tadqiq qilishning zamonaviy usullari keltirilgan. Strukturaviy materiallarning ingibitorlarining himoya ta'sirini o'rganish natijalari so'nggi yillardagi manbalarga ko'ra keltirilgan.

Dunyoda har yili ishlab chiqarilgan barcha metallning chorak qismi korroziya jarayonlari natijasida yo'qoladi [1]. Korroziyadan kelib chiqqan po'lat yo'qotishlar uning yillik ishlab chiqarishining 30% ni tashkil qiladi [2]. Sanoati rivojlangan mamlakatlarda korroziyadan ko'rigan yo'qotishlar milliy daromadning taxminan o'ndan bir qismini tashkil qiladi va asbob-uskunalar va kommunikatsiyalarni ta'mirlash va almashtirish xarajatlari konstruktiv materiallar narxidan bir necha baravar yuqori ekanligi manbalarda qayd etilgan. Rossiya kimyo sanoatidagi metall konstruksiyalarning 50% gacha korroziya tufayli yo'qolish xavfi mavjud bo'lib, po'latning oltidan bir qismi korroziya natijasida ishdan chiqqan metall qurilmalarni, asbob uskunalarini, mashina va jihozlarni va ularning ehtiyoj qismlarini o'rnini qoplash uchun sarf qilinadi. Bu ko'rsatkichni dunyo miqyosida yoki davlatlar miqyosida oladigan bo'lsak, bir necha million tonnani tashkil etadi. Bu esa bir necha metall erituvchi zavodlarni yillik ishlab chiqarish quvvatini tashkil etadi. Insoniyat tomonidan 35 mlrddan ortiq temir kotishmasi eritib olingan. Xozirgi kunda uning dunyodagi fondi 10 mlrd.t. tashkil etadi, qolgan qismi korroziya natijasida yo'qolgan, ya'ni korroziya mahsuloti ko'rinishida biosferaga tarqalgan [1-4]. Sanoatdagi baxtsiz hodisalar iqtisodiy va ekologik oqibatlar bilan birga keladi, aviatsiyada esa jihozlarning ishdan chiqishi odamlarning halok bo'lishiga olib keladi. Aviatsiyada qo'llaniladigan barcha materiallar va tuzilmalar korroziyadan himoyalangan va himoya ularning barcha iqlimiy ish sharoitida yuqori ishonchlilik bilan ishlashini ta'minlashi kerak. Korroziyani sezilarli darajada sekinlashtirish yoki to'xtatish uchun sanoatda korroziya ingibitorlari keng qo'llaniladi. Ushbu usulning o'ziga xos xususiyati - kam kapital xarajatlar bilan korroziyani yo'q qilish va metallar hamda qotishmalarning mexanik xususiyatlarini buzish jarayonlarini sezilarli darajada sekinlashtirish va shu bilan jihozlarni yo'q qilishni sekinlashtiradi.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, ushbu muammoni hal qilish uchun ingibitorlardan

foydalanish eng oqilona echim hisoblanadi, chunki ulardan foydalanish mavjud texnologik sxemalarni tubdan o'zgartirishni talab qilmaydi, uzoq vaqt davomida ishlayotgan komponentlar va qismlarni himoya qilishga imkon beradi va iqtisodiy nuqtai nazardan eng foydali hisoblanadi [5, 6].

Ishlab chiqarish hajmi bo'yicha korroziya ingibitorlari, masalan, bo'yoq qoplamalari yoki turli xil uglevodorodlar (moylar va boshqalar) asosidagi himoya kompozitsiyalaridan sezilarli darajada past bo'lishiga qaramay, ular oz miqdorda kiritilganda, ko'p hollarda umuman himoyaning yuqori samaradorligini ta'minlaydi. Ko'pgina konversion kompozitsiyalar - fosfatlash, xromlash, zanglashtirgichlar va boshqa klassik ingibitorlardan (fosfatlar, xromatlar, taninlar) foydalanishga asoslangan bo'ladi. Metallarni passivatsiya bilan davolash, shuningdek, "to'ldirish" qoplamalari deyarli har doim korroziya ingibitorlarining suvli eritmalarida amalga oshiriladi.

Ingibitorlar cheklangan hajmdagi agressiv muhitlar bilan aloqa qiladigan katta quvvatli qurilmalarni ishlatishda faol qo'llanilib, bunda ingibitorni kiritish maqsadga muvofiq va samarali bo'lishi mumkin. Hozirgi vaqtda mavjud bo'lgan korroziya ingibitorlarining keng assortimentiga qaramay [13], tabiiy xom ashyolarga asoslangan yangi, xavfsizroq va samaraliroq moddalarni doimiy ravishda izlash davom etmoqda [14]. Kimyoviy ishlab chiqarish chiqindilarini ifodalovchi organik moddalar aralashmalarini ingibitorlar sifatida keng qo'llash istiqbolli va iqtisodiy jihatdan foydali ko'rinadi. Korroziya ingibitorlari kimyoviy birikmalar bo'lib, ular korroziya tizimida etarli konsentratsiyada mavjud bo'lganda, korroziya tezligini har qanday korroziv reagentning kontsentratsiyasini sezilarli darajada o'zgartirmasdan kamaytiradi [15]. Korroziya ingibitorlari kimyoviy birikmalarning ham birikmalari, ham tarkibi bo'lishi mumkin [16].

Umuman olganda, ingibitorlarning samaradorligi muhit tarkibiga, metallning tabiatiga va jarayon sharoitlari (harorat, bosim) ga bog'liq. Jarayonning kinetik mintaqasi uchun ingibitsiyon koeffitsientning ifodasi adsorbsiya va elektrokimyoviy xususiyatlarni o'z ichiga oladi, bu ingibitorlarning xususiyatlarini o'rganish turi va usulini belgilaydi. Ingibitorlarning himoya ta'siri ingibitorning adsorbsiyasi yoki metall ionlari bilan yomon eriydigan birikmalar hosil bo'lishi tufayli metallning faol sirt maydonining pasayishi bilan bog'liq. Korroziya ingibitorlari, shuningdek, murakkab korroziya jarayonini cheklaydigan elektrod reaksiyalarining faollashuv energiyasini o'zgartirishi mumkin [17]. Ingibitorlarning himoya ta'sirining turlari va usullarining xilma-xilligi ularni tasniflashni qiyinlashtiradi.

Korroziya ingibitorlari ularning ta'sir qilish tabiati va mexanizmi, vosita turining kimyoviy tabiati va metall sirtini blokirovka qilish darajasi bilan farq qilishi mumkin. Himoya ta'sirining tabiatiga ko'ra ingibitorlar anodli, katodli va aralash turlarga bo'linadi.

Ta'sir mexanizmi bo'yicha korroziya ingibitorlarining tasnifi:

- passivlashtiruvchi ingibitorlar;
- adsorbsiya ingibitorlari.

Kimyoviy tabiatiga ko'ra, ingibitorlar noorganik, organik va uchuvchan (bug' fazasi)

hillarga bo'linadi.

Korroziya ingibitorlari muhit turiga ko'ra tasniflanadi:

- kislotali korroziya muhitlar;
- vodorod sulfidi korroziyasi;
- neft muhiti;
- neytral korroziyalik muhitlar;
- atmosfera korroziyasi.

Kislotali muhitda organik sirt faol moddalar ko'proq qo'llaniladi, ular adsorbsiya tufayli jarayonni pasaytiradi. Umumiy holda, himoya ta'siri metall yuzaning (9) bir qismini blokirovka qilish va bo'sh joylarda faollashtirish energiyasining o'zgarishi bilan bog'liq. Aktivatsiya energiyasining o'zgarishi qo'sh qavat strukturasining o'zgarishi, ya'ni potentsial qiymat yoki korroziyalik metall sirtining eng faol markazlarini blokirovka qilish bilan bog'liq. Ushbu belgilarga ko'ra ingibitorlar blokirovka qiluvchi ($1=9$, $AA=0$), faollashuvchi ($9-0$, $1+0$, $AAf0$) va aralash ($9>2$, $AAf0$) deb tasniflanadi.

Bundan tashqari, ingibitorlarning ta'siri ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari va korroziya turi hamda korroziyaga uchragan metallning sirt xususiyatlari, xususan, korroziya mahsulotlar plyonkasi tuzilishi bilan belgilanadi. Zamonaviy usullar va uskunalar korroziya ingibitorlarining himoya samaradorligini baholash mezonlarini birlashtirish uchun sinflar va alohida moddalarning xususiyatlarini, shuningdek, metall yuzasida hosil bo'lgan plyonkaning hissasini o'rganish imkonini beradi [18-20].

Katod va anodli ingibitorlar tegishli elektrod reaksiyalarini sekinlashtiradi, aralash ingibitorlar ikkala reaksiya tezligini o'zgartiradi. Passivatorlar odatda oksidlovchi moddalar bo'lib, metall sirtini passivlashtiradi va korroziya potentsialini voltning bir necha o'ndan bir qismiga ijobiy tomonga o'zgartiradi. Tahlillarga ko'ra, passivlashtiruvchi ingibitorlar korroziya tezligini juda past qiymatlarga tushiradi, bu borada ko'pchilik adsorbsion ingibitorlarga qaraganda samaraliroqdir. Shuning uchun, metallar va ommaviy axborot vositalarining ba'zi kombinatsiyalari uchun bu turdagi ingibitor eng samarali hisoblanadi [21, 22].

Oksidlanish xususiyatiga ega bo'lmagan, lekin eriydigan metall ionlari bilan yomon eriydigan kompleks tuzlar hosil qiluvchi korroziya ingibitorlari ham metallning passivatsiyasini ta'minlashi mumkin. Bu mis va uning qotishmalarini ko'p muhitda azollar sinfining organik moddalari bilan himoya qilishni tushuntiradi. Metall bilan organik korroziya ingibitorlarining kuchli aloqasi hosil bo'lgan taqdirda, uning sirtini gidrofobizatsiya qilish bilan birga, metallning passivlanishi korroziya ingibitorining adsorbsiyasi tufayli yuzaga kelishi mumkin.

So'nggi yillarda, asosan, oksidsiz metall yuzalarida turli xil kimyoviy birikmalarning adsorbsiyasini o'rganish uchun *in situ* ellipsometrik usulning rivojlanishi tufayli bir qator samarali korroziya ingibitorlarini ishlab chiqish mumkin. Bu o'z navbatida kimyoviy birikmalarni, balki turli xil kompozitsiyalarni ham nazarda tutgan holda - kombinatsiyalangan ingibitorlar deb ataladi. Ular oksidsiz metall yuzasida qanchalik yaxshi

adsorbsiyalanishi va shuning uchun uni samaraliroq passivlashtirishi mumkinligini adsorbsion izotermalar ko'rsatadi.

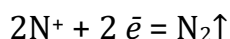
Adsorbsion korroziya ingibitorlari himoyalangan mahsulot yuzasida adsorbsiyalanadi, plyonka hosil qiladi va elektrokimyoviy reaksiyalarni pasaytiradi. Adsorbsion agentlar, masalan, odatda sirt faol moddalar, shuningdek, korroziya potentsialiga juda zaif ta'sir ko'rsatadigan, uni voltning bir necha mingdan yoki yuzdan bir qismidan ko'p bo'lmagan yuqori yoki past qiymatlarga o'zgartiradigan organik birikmalardir. Korroziya ingibitorlarining adsorbsiyasi va metall yuzasida kam eriydigan qatlamlarning paydo bo'lishi sirtning gidrofobligi va zarrachalarning zaryadi, ularning metall yoki uning tarkibiy qismlari bilan o'zaro ta'sir qilish mahsulotlari bilan kimyoviy bog'lanish qobiliyati bilan bog'liq [23, 24]. Korroziyadan himoyalangan metall yuzasiga organik ingibitorning adsorbsiyasi uning himoya ta'sirining birinchi bosqichi uchun zaruriy shart hisoblanadi [15-27]. Mikrodarajada sodir bo'ladigan adsorbsion jarayonlarni har doim ham sof shaklda eksperimental kuzatish mumkin emas, chunki ular parallel ravishda elektrokimyoviy va keyingi kimyoviy reaksiyalar bilan murakkablashadi [25]. Shunday qilib, o'rganilayotgan elektrodlar yuzasida ingibitorlar ishtirokida sodir bo'ladigan korroziya jarayonlarining tabiatini o'rganish uchun elektrokimyoviy usullar eng informatsion bo'lishi mumkin. Himoya qatlamining shakllanishi va buzilishi jarayonlarini zamonaviy molekulyar dinamika nuqtai nazaridan ko'rib chiqish va matematik modellashtirish mumkin [26].

Noorganik korroziya ingibitorlari ko'pincha suv ta'minoti tizimlarida qo'llaniladi. Ulardan foydalanish po'lat va rangli metallarga nisbatan suvli muhitda arzon narxlardagi va etarlicha yuqori himoya qobiliyati bilan izohlanadi. Noorganiklarga ba'zi passivatorlar, katod, anod va plyonka hosil qiluvchi ingibitorlar kiradi [27]. Korroziya ingibitorining oksidlanish qobiliyati metallning passivlanishini osonlashtirish orqali unga yuqori himoya xususiyatlarini berishi mumkin, ammo bu xususiyatlarni amalga oshirish atrof-muhitning pH darajasiga va unda agressiv moddalar (korroziya faollashtiruvchilari) mavjudligiga, birinchi navbatda anionlarga bog'liq. Noorganik korroziya ingibitorlari fosfatlar, bixromatlar, molibdatlar, xromatlar, nitritlar, polifosfatlar, silikatlar o'z ichiga oladi. Bu turdagi ingibitorlar shkala konlari va biofouling bilan kurashishga yordam beradi, lekin bir qator kamchiliklar ham mavjud. Jumladan, etarlicha yoki haddan tashqari dozada ular mahalliy korroziyaga olib kelishi bilan birga ba'zilar zaharli, bakteriyalar ta'siriga moyil va faqat kislorod mavjud bo'lganda samarali bo'lishi bilan birga, ularni qo'llash va ishlatishda qiyinchiliklar tug'diradi [12]. Noorganik tuzlarning aralashmalari korroziyani yanada samarali ravishda oldini oladi. Komplekslar ishtirokida korroziya jarayonlarini o'rganishda, qoida tariqasida, o'rganilayotgan ob'ektlarning korroziya tezligining o'zgarishi hisobga olinadi, ular to'g'risidagi ma'lumotlar turli yo'llar bilan olinadi, shu jumladan siklik oqim kuchlanish egri chiziqlarini qayd etish va tahlil qilish bilan eksperimental ma'lumotlar to'planadi [29].

Neytral muhitda konstruktiv materiallarning atmosfera korroziyasi o'ziga xos

depolarizatorlar yo'qligida suv ishtirokida sodir bo'ladi. Kam komponentli, ekologik toza konservativ materiallarni ishlab chiqishda ularning himoyalangan yuzasida namlik plyonkasi shakllanishiga to'sqinlik qilish va korroziyaga uchragan metallga suvning kirib borishini oldini olish qobiliyatini hisobga olish kerak. Reaktivlarning eng keng tarqalgan turi, shu jumladan uskunani atmosfera korroziyasidan himoya qilish uchun ishlatiladiganlar, plyonka hosil qiluvchi ingibitorlardir [30]. Bu himoya qoplamalari yoki atmosfera korroziyasining agressiv omillaridan, masalan, oltingugurt dioksididan himoya qilishi mumkin. Aksariyat hollarda bunday sirt shakllanishi adsorbsiya emas, balki fazaviy xususiyatga ega bo'ladi. Ingibitorlar aralashmasining himoya qobiliyatini aniqlash uchun quyidagilar: himoya ta'siri, korroziya jarayonining mexanizmi, plyonkaning tuzilishi va ingibitor ishtirokida metallning elektrokimyoviy harakati o'rganiladi.

Suv mumidan himoya qiluvchi birikmalarning samaradorligi polarizatsiya va empedans o'lchovlari yordamida o'rganilganligi manbalarda qayd etilgan [28]. Aniqlanishicha, o'rganilayotgan ingibitor kompozitsiyalar polarizatsiya o'lchovlari natijalariga mos keladigan katod reaksiyasining kinetikasiga zaif ta'sir ko'rsatadigan anodli reaksiyani samarali pasaytirishga olib keladigan po'lat elektrod yuzasida ko'p qatlamlarni hosil qiladi. Vodorod qutbsizlantirilishi (vodorod ishtirokida) boradigan korroziya natijasida elektrolitdagi vodorod ionlari katodda qaytarilib (elektron biriktirib) vodorod molekulasini hosil bo'ladi:



Bu holda vodorod ioni suv molekulasining ionlashuvi yoki kislota molekulasidan hosil bo'ladi



Bugungi kunga kelib, to'g'ridan-to'g'ri korroziya sinovlari asosida empirik tarzda aniqlangan samarali korroziya ingibitorlari sifatida o'nlab individual moddalar va aralashmalar ma'lum.

Vaqtinchalik korroziyaga qarshi himoya vositalarini atmosfera sharoitida himoya qilish qobiliyatini aniqlash uchun sinov usullarini GOST 9.509-89 "Korozyon va qarishdan himoya qilishning yagona tizimi" da topish mumkin.

So'nggi o'n yilliklarda suvli eritmalarini passivlashtiruvchi kompozitsiyalar sifatida ishlatilishi mumkin bo'lgan yangi aralash korroziya ingibitorlarini yaratishda sezilarli yutuqlarga erishildi va ularning o'zlari bo'yoq va lak qoplamalari uchun korroziyaga qarshi yangi pigmentlarni yaratish uchun hamda adsorbsiya ingibitorlarining ilmiy asoslangan tanlovini ishlab chiqishda va ularning himoya ta'siri mexanizmini tushuntirishda ishlatilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7-17.

2. Левашова В.И., Антипова В.А. Разработка ингибиторов сероводородной коррозии нефтедобывающего оборудования //Нефтехимия. 2003. Т. 43. №1. С. 60-64.
3. Каблов Е.Н. Коррозия или жизнь //Наука и жизнь. 2012. №11. С. 17-21.
4. Каримова С.А. Коррозия - главный враг авиации //Наука и жизнь. 2007. №6. С. 63-65.
5. Кузнецов Ю.И., Вагапов Р.К., Гетманский М.Д. Возможности ингибирования коррозии оборудования трубопроводов в нефтегазовой промышленности //Коррозия: материалы, защита. 2007. №3. С. 9-13.
6. Вагапов Р.К. Об ингибиторной защите оборудования добывающих нефтяных скважин //Коррозия: материалы, защита. 2007. №10. С. 9-13.
7. Ходырев А.И., Мокшаев А.Н., Маняченко А.В., Ягодкин В. А., Ребров И.Ю. Анализ технологий ингибиторной защиты газопроводов сероводородсодержаще-го газа //Территория нефтегаз. 2010. №5. С. 32-37.
8. Уорф Р.А., Киченко А.Б. Оценка коррозионной активности сред Салымских нефтяных месторождений с точки зрения возможности вызывать сульфидное растрескивание промысловых трубопроводов и оборудования //Практика противокоррозионной защиты. 2012. №1 (63). С. 42-49.
9. Синявский В.С., Вальков В.Д., Калинин В.Д. Коррозия и защита алюминиевых сплавов. М.: Металлургия. 1986. 368 с.
10. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Медведев И.М., Панин С.В. Коррозионная агрессивность приморской атмосферы. Ч. 1. Факторы влияния (обзор) //Коррозия: материалы, защита. 2013. №12. С. 6-18.
11. Гончарова О.А., Александрова Т.В., Ивонин В.Н., Кузнецов Ю.И. Летучие ингибиторы атмосферной коррозии для защиты легких сплавов //Технология легких сплавов. 2012. №4. С. 110-114.
12. Сухотин А.М., Арчаков Ю.И. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Нефтеперерабатывающая промышленность: Справочное руководство. Л.: Химия. 1990. 400 с.
13. Pandian B.R., Mathur G.S. Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media (review) //Materials Letters. 2008. V. 62. №1 (15). P. 113-116.
14. Кнунянц ИЛ., Зефилов Н.С. Химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. 1988. 639 с.
15. Фролова Е.А., Кондаков Д.Ф., Орлова В.Т., Авдюш-кина Л.И., Быков А.В., Данилов В.П. Разработка противогололедных реагентов на основе формиатов, ацетатов и нитратов щелочных и щелочноземельных металлов и аммония //Химическая технология. 2012. Т. 13. №5. С. 257-262.
16. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. К.: Технжа. 1981. 183 с.

17. Кашковский Р.В., Кузнецов Ю.И. Об оценке вкладов пленки продуктов коррозии и ингибитора в общий защитный эффект //Коррозия: материалы, защита. 2013. №3. С. 20-26.
18. Есина М.Н., Цыганкова Л.Е., Плотникова С.В., Кудрявцева Н.М. Исследование эффективности ингибиторов коррозии серии «ИНКОРГАЗ» в модельной пластовой воде М1 //Вестник ТГУ. 2014. Т. 19. №1. С. 161-168.
19. Вигдорович В.И., Стрельникова КО. Критерии оценки защитной эффективности ингибиторов коррозии //Конденсированные среды и межфазные границы. 2011. Т. 13. №1. С. 24-28.
20. Вяхирев Р.И., Шуршакова Г.С., Евсеева А.Б. Российская газовая энциклопедия. М.: Большая российская энциклопедия. 2004. 527 с.
21. Улиг Г.Г., Ревы Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ. Л.: Химия. 1989. 456 с.
22. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. М.: Химия. 1977. 552 с.
23. Андреев И.Н., Новосельский И.М., Хакимов М.Г. К кинетической теории пассивации анодно растворяющихся металлов. II. Стационарные поляризационные кривые в случае параллельного образования нескольких оксидов //Электрохимия. 1971. Т. 7. №7. С. 1004-1008.
24. Межиковский С.М., Аринштейн А.Э., Дебердеев Р.Я. Олигомерное состояние вещества. М.: Наука. 2005. 252 с.
25. Галямов И.И., Галимов М.Р., Андриянов О.П. Моделирование начальной стадии формирования защитного слоя ингибитора коррозии методом молекулярной динамики //Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. №9. С. 44-45.
26. Энциклопедический словарь по металлургии. М.: Интермет Инжиниринг. 2000. 412 с.
27. Понурко И.В., Костина З.Н., Крылова С.А. и др. Исследование возможности применения ингибитора «Ф» для защиты от коррозии и солеотложений оборудования нефтепродуктообеспечения //Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2011. №1. С. 112-114.
28. Стацюк В.Н., Фогель Л.А., Айт С., Иманбаева А.Б. Электродные реакции на латунном и медном электродах в растворах ингибиторов коррозии на основе фосфоновых кислот //Вестник ТГУ. 2013. Т. 18. №5. С. 2325-2329.
29. Вигдорович В.И., Шель Н.В., Князева Л.Г. и др. Защитная эффективность масляных композиций в условиях атмосферной коррозии углеродистой стали. Составы на основе отработавших масел //Практика противокоррозионной защиты. 2010. №4 (58). С. 15-26.
30. Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д. и др. Экспресс-оценка защитных свойств водно-восковых составов «Герон» //Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. №5. С. 2299-2303.