ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

NEFT-GAZ SANOATIDA KORROZIYA JARAYONLARI VA ULARNI OLDINI OLISH

Temirov A.H.
Buxoro davlat texnika universiteti
Axmedova Sh.
Buxoro davlat texnika universiteti
Shodiyev D.X.
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada neft-gaz sanoati obyektlarida uchraydigan korroziya jarayonlarining fizik-kimyoviy mohiyati, ularni kuchaytiruvchi omillar va oldini olish choralari tahlil qilinadi. Quvurlar, rezervuarlar, issiqlik almashinish apparatlari, separatorlar va burg‘ilash-ekspluatatsiya quvurlari kabi uskunalarda korroziya ko‘pincha suv fazasi, erigan karbonat angidrid, vodorod sulfidi, kislorod, xlorid ionlari, yuqori harorat va oqim tezligi ta’sirida shakllanadi. Tadqiqotda ichki va tashqi korroziya, pitting, yoriq osti korroziyasi, sulfid stress yorilishi, mikrobiologik korroziya hamda eroziya-korroziya mexanizmlari yoritilgan. Himoya choralari sifatida material tanlash, inhibitorlar, qoplama tizimlari, katodik himoya, texnologik muhitni boshqarish, monitoring va riskka asoslangan inspeksiya kompleks yondashuv sifatida ko‘rib chiqiladi. Xulosa qismida korroziyani faqat ta’mirlash muammosi sifatida emas, balki sanoat xavfsizligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni belgilovchi muhim boshqaruv masalasi sifatida baholash zarurligi asoslanadi.

Kalit so‘zlar: neft-gaz sanoati, korroziya, CO_2 korroziyasi, H_2S korroziyasi, inhibitor, katodik himoya, qoplama, monitoring.

Аннотация. В статье проанализированы физико-химическая сущность коррозионных процессов в нефтегазовой промышленности, факторы их ускорения и меры предупреждения. На трубопроводах, резервуарах, теплообменниках, сепараторах и скважинном оборудовании коррозия часто развивается под действием водной фазы, растворенного углекислого газа, сероводорода, кислорода, хлорид-ионов, повышенной температуры и скорости потока. Рассмотрены внутренняя и внешняя коррозия, питтинг, щелевая и подотложечная коррозия, сульфидное растрескивание под напряжением, микробиологическая коррозия и эрозионно-коррозионный износ. В качестве мер защиты рассматриваются выбор материалов, ингибиторы, защитные покрытия, катодная защита, управление технологической средой, мониторинг и риск-ориентированная инспекция. Сделан вывод, что управление коррозией является не только задачей ремонта, но и важным элементом промышленной безопасности, экологической устойчивости и экономической эффективности.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, коррозия, CO_2-коррозия, H_2S-коррозия, ингибитор, катодная защита, защитное покрытие, мониторинг.

Abstract. This article analyzes the physicochemical nature of corrosion processes in the oil and gas industry, the factors that accelerate them, and the main prevention measures. Corrosion of pipelines, storage tanks, heat exchangers, separators, and well equipment is usually associated with the presence of water, dissolved carbon dioxide, hydrogen sulfide, oxygen, chloride ions, elevated temperature, and flow velocity. The paper discusses internal and external corrosion, pitting, crevice and under-deposit corrosion, sulfide stress cracking, microbiologically influenced corrosion, and erosion-corrosion. Materials selection, corrosion inhibitors, coating systems, cathodic protection, process-environment control, monitoring, and risk-based inspection are considered as integrated protection tools. The paper concludes that corrosion management should be treated not only as a maintenance problem but also as a key issue of industrial safety, environmental sustainability, and economic efficiency.

Keywords: oil and gas industry, corrosion, CO_2 corrosion, H_2S corrosion, corrosion inhibitor, cathodic protection, coating, monitoring.

KIRISH.

Neft-gaz sanoatida metall konstruksiyalar, quvurlar va apparatlar uzoq muddat davomida yuqori bosim, yuqori harorat, agressiv gazlar hamda suv-tuzli muhit bilan aloqada ishlaydi. Bunday sharoitlarda po‘latning yuzasida elektrokimyoviy reaksiyalar boshlanib, metallning asta-sekin yemirilishi kuzatiladi. Oddiy ko‘rinishda korroziya metallning muhit bilan o‘zaro ta’siri natijasida uning fizik-mexanik xossalari pasayishi demakdir. Biroq neft-gaz korxonalarida bu jarayon oddiy zanglash bilan cheklanmaydi: u quvurning teshilishi, apparat devorining yupqalashishi, mahalliy chuqurchalar hosil bo‘lishi, yoriqlar rivojlanishi va hatto avariyaviy to‘xtashlarga olib kelishi mumkin.

Xalqaro AMPP/NACE IMPACT tadqiqotlarida korroziyaning global iqtisodiy qiymati juda yuqori baholanadi: umumiy yo‘qotishlar jahon yalpi ichki mahsulotining sezilarli ulushiga teng bo‘lishi mumkin [1]. Neft-gaz tarmog‘i uchun bu yo‘qotishlar faqat metall almashtirish xarajatlari bilan emas, balki rejalashtirilmagan to‘xtashlar, ishlab chiqarish hajmining kamayishi, atrof-muhitga zarar, yong‘in-portlash xavfi, mahsulot sifati buzilishi va obro‘ yo‘qotishlari bilan ham izohlanadi. Shuning uchun korroziyaga qarshi kurash texnik xizmat ko‘rsatishning kichik bo‘limi emas, balki butun texnologik tizim barqarorligini ta’minlaydigan strategik yo‘nalish hisoblanadi.

Maqolaning maqsadi neft-gaz sanoatida uchraydigan asosiy korroziya mexanizmlarini tahlil qilish, ularni kuchaytiruvchi omillarni tizimlashtirish va oldini olish usullarini ilmiy-amaliy jihatdan yoritishdan iborat. Mavzu dolzarbligi

ISSN 3030-3907

shundaki, respublika neft-gaz korxonalarida mavjud quvur tarmoqlari, gazni qayta ishlash uskunalari, rezervuarlar va issiqlik almashinish apparatlarining uzoq muddatli, xavfsiz va samarali ishlashi korroziya nazoratiga bevosita bog‘liq.

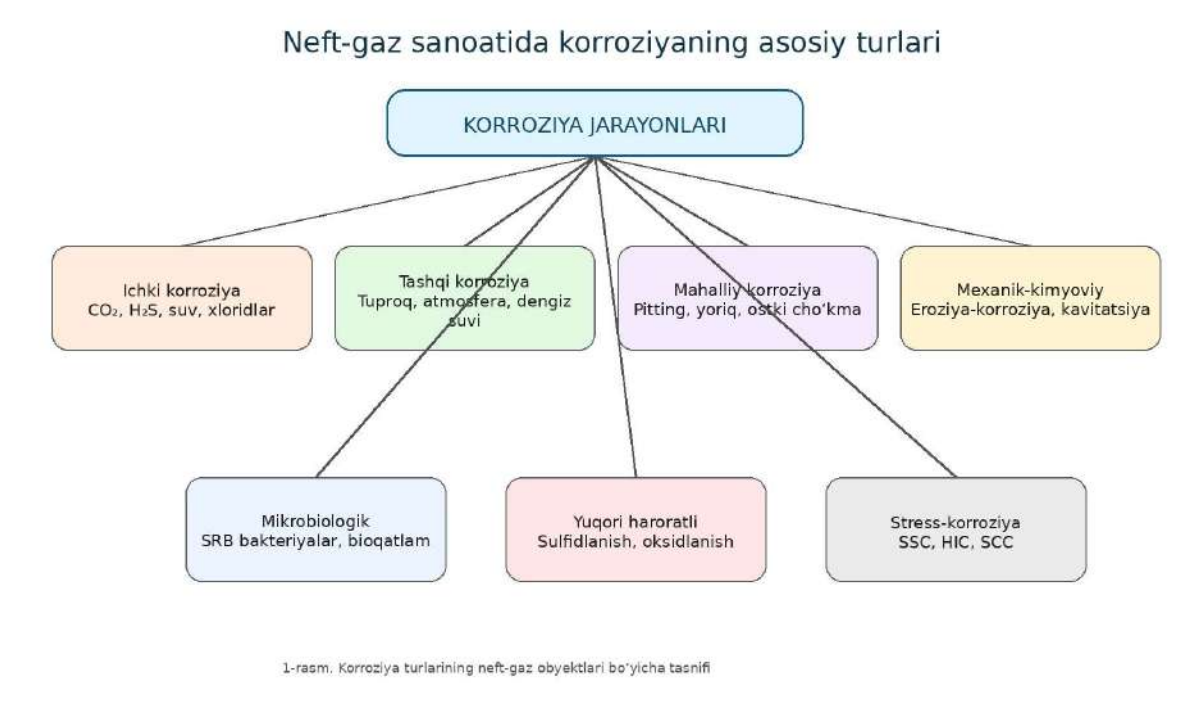
1. NEFT-GAZ MUHITIDA KORROZIYANING MOHIYATI.

Neft va gaz ishlab chiqarish, tashish hamda qayta ishlash jarayonlarida metall yuzasi ko‘pincha ko‘p fazali muhit bilan aloqada bo‘ladi. Bunday muhit tarkibida uglevodorodlar, qatlam suvi, mineral tuzlar, karbonat angidrid, vodorod sulfidi, kislorod, organik kislotalar, mexanik aralashmalar va mikroorganizmlar uchraydi. Metallning yemirilishi aynan shu omillarning o‘zaro birikkan ta’siri natijasida tezlashadi. Masalan, faqat quruq uglevodorodlar po‘latga kuchli ta’sir qilmaydi, lekin ularda suv fazasi ajralsa, suv elektrolit vazifasini bajaradi va elektrokimyoviy korroziya uchun sharoit yaratadi.

Elektrokimyoviy korroziyada metall yuzasida anod va katod maydonlari hosil bo‘ladi. Anod maydonida temir atomlari Fe^{2+} ionlariga aylanib eritmaga o‘tadi, katod maydonida esa vodorod ionlari yoki kislorod ishtirokidagi qaytarilish reaksiyalari sodir bo‘ladi. Agar muhitda CO_2 bo‘lsa, u suv bilan karbonat kislotani hosil qilib, eritmaning kislotaliligini oshiradi. H_2S esa metall yuzasida temir sulfidlari qatlamini hosil qilishi, shu bilan birga vodorod atomlarining po‘lat ichiga kirishini kuchaytirishi mumkin. Natijada faqat umumiy metall yo‘qolishi emas, balki yoriqlar va mo‘rtlashuv ham yuzaga keladi.

Neft-gaz tarmog‘idagi korroziya ikki katta guruhga ajratiladi: ichki va tashqi korroziya. Ichki korroziya quvur yoki apparatning mahsulot bilan aloqada bo‘lgan ichki sirtida sodir bo‘ladi. Tashqi korroziya esa tuproq, nam atmosfera, dengiz suvi, beton ostidagi namlik yoki izolyatsiya tagidagi elektrolit ta’sirida rivojlanadi. Har ikki holatda ham korroziyaning tezligi muhit tarkibi, harorat, bosim, oqim rejimi, material turi va himoya tizimining holatiga bog‘liq.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Neft-gaz obyektlarida uchraydigan korroziya turlarining umumiy tasnifi.

1-jadval.

Neft-gaz sanoatida ko‘p uchraydigan korroziya turlari va oqibatlari

Korroziya turi	**Uchrash joyi**	**Asosiy sabablar**	**Natija**
CO_2 korroziyasi	Quduq quvurlari, yig‘ish kollektorlar, separatorlar	Suv fazasi, erigan CO_2, past pH, yuqori oqim tezligi	Umumiy yemirilish, chuqurchalar, quvur devori yupqalashishi
H_2S korroziyasi	Sour gaz liniyalari, amine bloklari, gidrotozalash uskunalari	Vodorod sulfidi, past pH, yuqori kuchlanish, sulfid plyonkasi	SSC, HIC, pitting, mo‘rtlashuv
Tashqi tuproq korroziyasi	Yer osti quvurlari, rezervuar tubi	Nam tuproq, tuzlar, adashgan toklar, qoplama nuqsonlari	Metall yo‘qolishi, teshilish, katodik himoya zarurati
Eroziya-korroziya	Burilishlar, klapanlar, nasos chiqishi, torayishlar	Qum zarrachalari, turbulent oqim, yuqori tezlik	Himoya qatlamining yuvilishi, tezlashtirilgan metall yo‘qolishi

ISSN 3030-3907

Mikrobiologik korroziya	Rezervuarlar, past oqimli joylar, cho‘kma osti zonalari	Sulfat qaytaruvchi bakteriyalar, bioqatlam, anaerob sharoit	Mahalliy pitting, qora sulfidlashgan cho‘kmalar

2. KORROZIYA MEXANIZMLARI VA KIMYOVIY OMILLAR

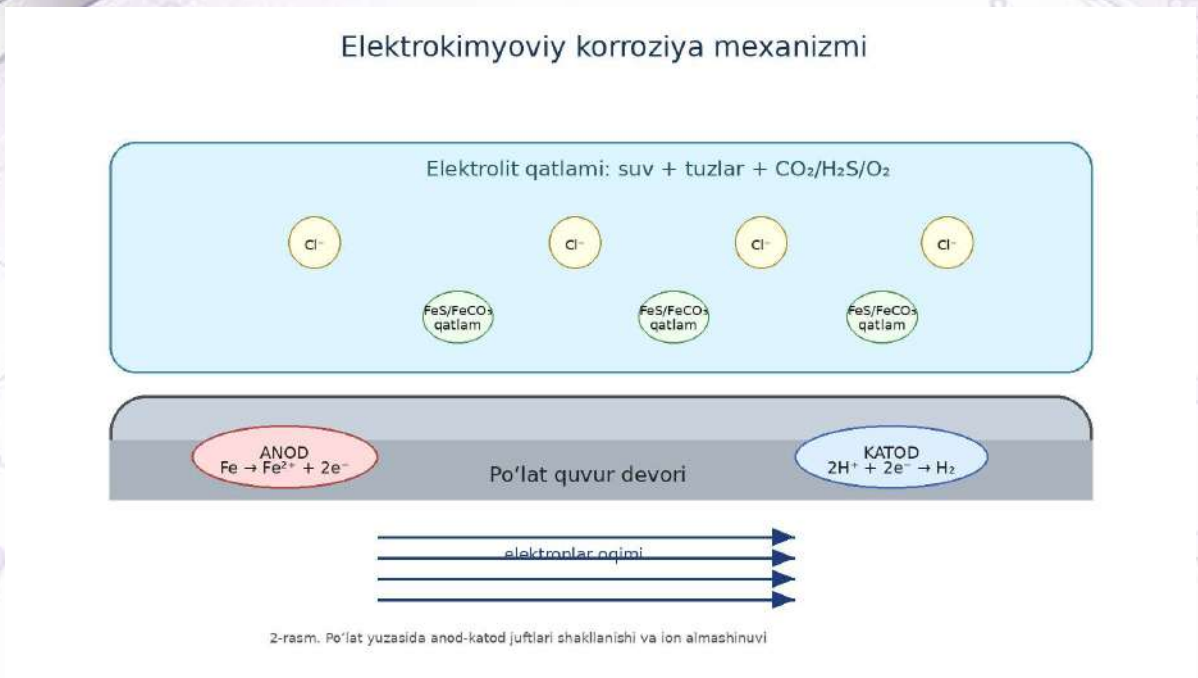
Korroziya mexanizmlarini to‘g‘ri aniqlash himoya usulini tanlashning eng muhim bosqichidir. Masalan, CO_2 korroziyasini kamaytirish uchun pH ni boshqarish, temir karbonat qatlamining barqarorligini saqlash yoki plyonka hosil qiluvchi inhibitorlardan foydalanish samarali bo‘lishi mumkin. H_2S muhitida esa faqat korroziya tezligini pasaytirish yetarli emas, balki sulfidlashgan muhitda yoriqlanishga chidamli material tanlash ham talab qilinadi. Shuning uchun API RP 571 kabi amaliy qo‘llanmalarda qayta ishlash va neft-kimyo apparatlaridagi zararlanish mexanizmlarini aniqlashga alohida e’tibor beriladi [2].

CO_2 korroziyasi, ko‘pincha “sweet corrosion” deb ataladi, suvda erigan karbonat angidridning karbonat kislota hosil qilishi bilan bog‘liq. Karbonat kislota po‘lat yuzasida temir ionlari ajralishini tezlashtiradi. Ayrim sharoitlarda $FeCO_3$ himoya qatlami hosil bo‘lib, korroziya tezligini kamaytiradi. Biroq oqim tezligi yuqori bo‘lsa yoki pH past bo‘lsa, bu qatlam barqaror saqlanmaydi va metall yuzasi yana ochilib qoladi. Shu sababli CO_2 korroziyasi asosan suv miqdori, CO_2 parsial bosimi, harorat, pH va oqim tezligi bilan baholanadi.

H_2S korroziyasi “sour corrosion” deb yuritiladi va neft-gaz sanoati uchun eng xavfli turlardan biridir. H_2S ishtirokida FeS turidagi sulfid qatlamlari hosil bo‘ladi. Ba’zi sulfid qatlamlari muayyan darajada himoya qilishi mumkin, ammo ularning notekisligi va mo‘rtligi mahalliy korroziyani kuchaytiradi. Eng xavfli jihat shundaki, H_2S vodorod atomlarining po‘latga kirishini osonlashtiradi. Bu esa sulfide stress cracking (SSC), hydrogen-induced cracking (HIC) va stress-oriented HIC kabi yoriqlanish turlariga olib kelishi mumkin [3].

Kislorod korroziyasi ham neft-gaz tizimlarida uchraydi, ayniqsa suv tayyorlash, burg‘ilash suyuqliklari, saqlash rezervuarlari va texnologik suv aylanish tizimlarida. Kislorodning oz miqdori ham katodik reaksiya tezligini oshirib, pitting korroziyasini chaqiradi. Xlorid ionlari esa passiv qatlamlarni buzadi va chuqurchali korroziyani rivojlantiradi. Yuqori haroratli qayta ishlash bloklarida sulfidlanish, naphthenic acid corrosion va oksidlanish kabi mexanizmlar alohida ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Elektrokimyoviy korroziya jarayonida anod va katod maydonlarining shakllanishi.

3. KORROZIYANI KUCHAYTIRUVCHI TEXNOLOGIK OMILLAR.

Neft-gaz korxonalarida korroziya tezligi bitta omil bilan belgilanmaydi. Ko‘pincha bir nechta omil bir vaqtda ta’sir qiladi va ularning birgalikdagi ta’siri alohida ta’sirlar yig‘indisidan kuchliroq bo‘lishi mumkin. Masalan, xlorid miqdori yuqori bo‘lgan suv, CO_2 va yuqori oqim tezligi birlashsa, quvur devorida himoya qatlami hosil bo‘lishi qiyinlashadi. H_2S, yuqori kuchlanish va qattiq po‘lat birlashsa, yoriqlanish xavfi ortadi. Shuning uchun korroziya xavfini baholashda texnologik parametrlarni muntazam nazorat qilish zarur.

Haroratning ta’siri ikki tomonlama bo‘lishi mumkin. Harorat oshganda elektrokimyoviy reaksiyalar tezlashadi, gazlarning suvdagi eruvchanligi o‘zgaradi, himoya qatlamlarining tuzilishi va yopishuvchanligi boshqacha bo‘ladi. Ba’zi CO_2 muhitlarida o‘rtacha haroratda $FeCO_3$ qatlami barqarorlashib, korroziyani kamaytiradi, lekin oqim kuchli bo‘lsa bu qatlam yuvilib ketadi. H_2S muhitida esa FeS qatlamining tarkibi va kristall shakli haroratga bog‘liq bo‘lib, natijada himoya xossalari turlicha bo‘ladi.

Oqim tezligi korroziyaning mexanik komponentini kuchaytiradi. Turbulent oqim katodik reaksiya uchun zarur moddalarning metall yuzasiga yetib kelishini tezlashtiradi, shu bilan birga korroziya mahsulotlari va inhibitor plyonkasini yuvib ketishi mumkin. Qum zarrachalari bo‘lgan oqimlarda eroziya-korroziya rivojlanadi. Ayniqsa burilish joylari, armatura, reduktorlar, nasos chiqishlari va quvur diametri keskin o‘zgaradigan zonalar xavfli hisoblanadi.

Muhit pH qiymati past bo‘lsa, metall erishi tezlashadi. Suv fazasining minerallashuvi, xlorid va bikarbonat ionlari miqdori, kislorod kirishi, organik

ISSN 3030-3907

kislotalar, cho‘kma va parafin qatlamlari ham korroziya turini belgilaydi. Cho‘kma ostida kislorod konsentratsiyasi farqi yuzaga kelib, differensial aeratsiya elementi hosil bo‘ladi. Natijada ko‘zga tashlanmaydigan lokal pitting chuqurlashib boradi.

2-jadval.

Korroziyani kuchaytiruvchi asosiy omillar va ularni nazorat qilish

Omil	Ta’sir mexanizmi	Amaliy nazorat chorasi
Suv fazasi	Elektrolit hosil qilib, anod-katod reaksiyalarini ta’minlaydi	Suv ajratish, deemulsifikatsiya, drenaj tizimi, suv miqdorini nazorat qilish
CO_2 parsial bosimi	Karbonat kislota hosil qilib pH ni pasaytiradi	pH stabilizatsiyasi, inhibitor dozasi, material tanlash
H_2S miqdori	FeS qatlamlari, vodorod kirishi, SSC/HIC xavfi	NACE/ISO talablariga mos material, H_2S monitoringi, inhibitor
Xloridlar	Passiv qatlamni buzadi, pittingni kuchaytiradi	Tuzsizlantirish, suv kimyosini nazorat qilish, qoplama
Oqim tezligi	Himoya qatlamini yuvadi, eroziyani kuchaytiradi	Gidravlik hisob, qum ajratish, xavfli burilishlarni nazorat qilish
Harorat	Reaksiya kinetikasi va himoya qatlami barqarorligini o‘zgartiradi	Texnologik rejimni optimallashtirish, issiqlik izolyatsiyasi, material bahosi

4. SANOAT OQIBATLARI VA IQTISODIY AHAMIYATI.

Korroziya oqibatlari ko‘p hollarda avval texnologik unumdorlikka, keyin esa sanoat xavfsizligiga ta’sir qiladi. Quvur devorining yupqalashishi bosim ostidagi tizimning mustahkamlik zaxirasini kamaytiradi. Pitting korroziyasi esa umumiy metall yo‘qolishi kichik bo‘lsa ham, qisqa vaqt ichida teshilish keltirib chiqarishi mumkin. Bunday teshilish gaz yoki neft sizib chiqishiga, yonuvchan aralashma hosil bo‘lishiga, atrof-muhit ifloslanishiga va ishlab chiqarishning to‘xtashiga olib keladi.

Qayta ishlash zavodlarida korroziya issiqlik almashinish apparatlari samaradorligini pasaytiradi, kolonnalarda mahsulot sifati buzilishiga sabab bo‘ladi, amine regeneratsiyasi, gidrotozalash, oltingugurt ajratish va suv tozalash bloklarida qo‘shimcha ekspluatatsion muammolar keltirib chiqaradi. Korroziya mahsulotlari filtrlar, forsunkalar va nazorat-o‘lchov asboblarini ifloslantirib, texnologik rejim barqarorligini buzadi. Natijada energiya sarfi oshadi, ta’mirlash oralig‘i qisqaradi va rejalashtirilmagan to‘xtash xavfi ortadi.

ISSN 3030-3907

Xalqaro manbalarda korroziya bilan bog‘liq xarajatlar juda katta ko‘rsatkichlar bilan baholanadi. AMPP/NACE IMPACT tadqiqoti korroziyani boshqarish tizimi samarali joriy etilganda umumiy xarajatlarning sezilarli qismini kamaytirish mumkinligini ko‘rsatadi [1]. 2026-yilda AMPP tomonidan e’lon qilingan energiya sektori hisobotida ham quvur hodisalarida korroziya muhim, ammo oldini olish mumkin bo‘lgan omillardan biri sifatida qayd etilgan [4]. Bu xulosalar neft-gaz korxonalarida “reaktiv ta’mirlash”dan “oldindan bashorat qiluvchi boshqaruv”ga o‘tish zarurligini ko‘rsatadi.

3-jadval.

Korroziyaning sanoat xavfsizligi va iqtisodiyotga ta’siri

Oqibat turi	**Neft-gaz obyektlaridagi ko‘rinishi**	**Kutiladigan zarar**
Texnik zarar	Quvur teshilishi, apparat devorining yupqalashishi, armatura ishdan chiqishi	Ta’mirlash, almashtirish, texnologik to‘xtash
Ishlab chiqarish zarari	Bosim yo‘qotilishi, mahsulot oqimi kamayishi, issiqlik almashinish yomonlashishi	Quvvat pasayishi, energiya sarfi oshishi
Xavfsizlik xavfi	Yonuvchan gaz sizishi, H_2S chiqishi, bosimli apparat shikastlanishi	Yong‘in, portlash, zaharlanish, favqulodda holat
Ekologik zarar	Neft mahsulotlari, sho‘r suv yoki kimyoviy reagentlar sizishi	Tuproq va suv ifloslanishi, utilizatsiya xarajatlari
Iqtisodiy zarar	Rejalashtirilmagan to‘xtash, jarima, zaxira qismlar, texnik xizmat	Ekspluatatsion xarajatlarning ko‘payishi

5. KORROZIYANI OLDINI OLISH USULLARI

Korroziyani oldini olishda eng samarali yondashuv - bir nechta himoya usullarini bir tizimga birlashtirishdir. Faqat inhibitor qo‘shish yoki faqat qoplama bilan cheklanish ko‘p hollarda yetarli bo‘lmaydi. Chunki neft-gaz obyektlarida texnologik muhit o‘zgaruvchan: suv miqdori, gaz tarkibi, oqim tezligi, harorat va bosim rejimi vaqt davomida almashadi. Shuning uchun himoya tizimi loyiha bosqichidan boshlab material tanlash, konstruktiv yechim, ekspluatatsion nazorat va davriy inspeksiyani o‘z ichiga olishi kerak.

Material tanlash korroziyaga qarshi kurashning birinchi bosqichidir. Oddiy uglerodli po‘lat arzon va mexanik jihatdan qulay bo‘lsa-da, agressiv muhitda tez yemirilishi mumkin. H_2S mavjud muhitda NACE MR0175/ISO 15156 kabi

ISSN 3030-3907

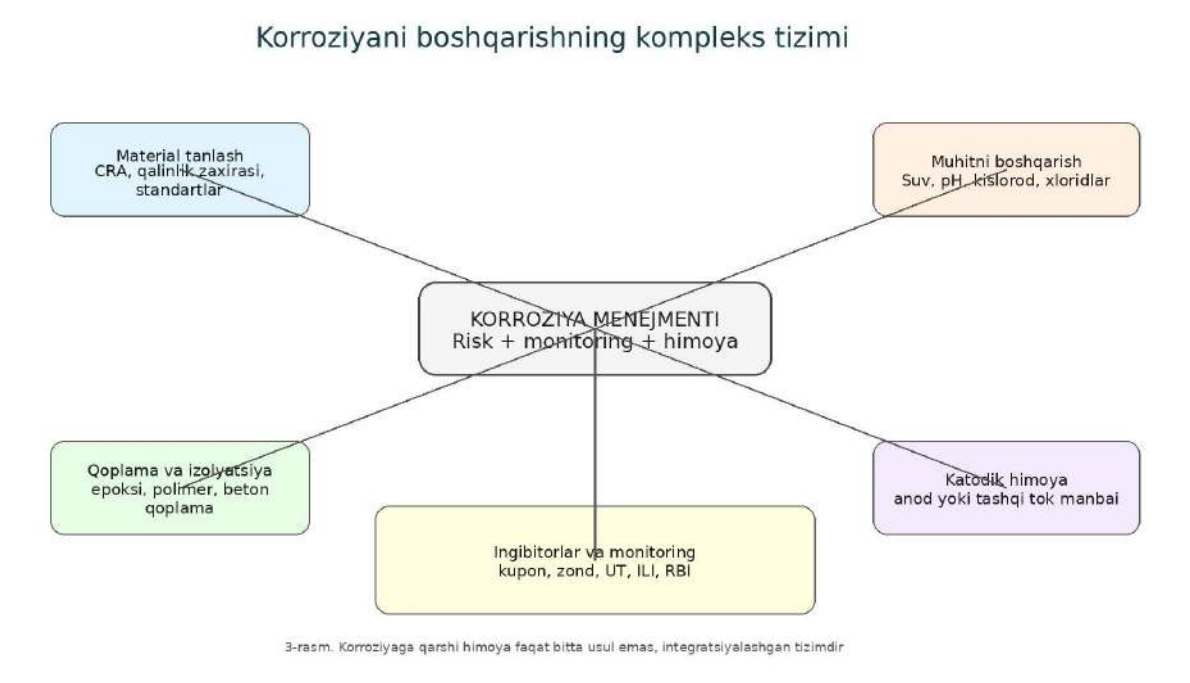
standartlar vodorod sulfid ta’sirida yoriqlanishga chidamli materiallarni tanlashda qo‘llanadi [5]. Yuqori xloridli, kislotali yoki yuqori haroratli muhitda zanglamas po‘lat, duplex po‘latlar, nikel asosli qotishmalar yoki ichki qoplamali quvurlar tanlanishi mumkin. Biroq qimmat materialdan foydalanish har doim ham iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas, shuning uchun xavf darajasiga asoslangan tanlov zarur.

Korroziya inhibitorlari ichki korroziyani nazorat qilishda keng qo‘llanadi. Ular metall yuzasida adsorbsion himoya plyonkasi hosil qiladi, anod yoki katod reaksiyalarini sekinlashtiradi, ba’zan esa muhit pH qiymatini barqarorlashtiradi. Inhibitorning samaradorligi uning muhitga mosligi, dozalash usuli, oqim rejimi, suv fazasida tarqalishi, haroratga chidamliligi va boshqa reagentlar bilan mosligiga bog‘liq. Inhibitor noto‘g‘ri tanlansa, cho‘kma hosil qilishi, emulsiyani barqarorlashtirib yuborishi yoki himoya plyonkasi notekis bo‘lishi mumkin.

Qoplamalar tashqi va ichki yuzalarni muhitdan ajratib turuvchi to‘siq vazifasini bajaradi. Yer osti quvurlarida polimer qoplamalar va katodik himoya birgalikda qo‘llanadi. Qoplama nuqsonlari bo‘lsa, katodik himoya aynan shu nuqson joyida metallning anod sifatida yemirilishini kamaytiradi. Rezervuarlar ichki yuzasida epoksi, fenolik, poliuretan yoki boshqa kimyoviy chidamli qoplamalar qo‘llanishi mumkin. Qoplama sifatini ta’minlash uchun yuzani tozalash darajasi, quruqlik, yopishuvchanlik, qatlam qalinligi va nuqsonlarni aniqlash sinovlari nazorat qilinadi.

Katodik himoya tashqi korroziyani boshqarishda asosiy usullardan biridir. Uning mazmuni himoyalanayotgan metallni katod holatiga o‘tkazishdan iborat. Bunda qurbon anodlar yoki tashqi tok manbai ishlatiladi. Yer osti va suv osti quvurlari uchun katodik himoya qoplama bilan birga qo‘llanganda eng yuqori samara beradi. AMPP/NACE SP0169 turidagi standartlarda yer osti va suv osti metall quvurlarining tashqi korroziyasini nazorat qilish bo‘yicha amaliy mezonlar berilgan [6].

ISSN 3030-3907



3-rasm. Korroziyani boshqarishda kompleks yondashuv elementlari.

4-jadval.

Korroziyaga qarshi himoya usullarining taqqoslanishi

Himoya usuli	Afzalligi	Cheklovi	Qo‘llash sohasi
Material tanlash	Uzoq muddatli ishonchlilikni oshiradi	Boshlang‘ich xarajat yuqori bo‘lishi mumkin	H_2S, xlorid, yuqori haroratli muhitlar
Ingibitor qo‘llash	Ichki korroziyani tez moslashuvchan boshqaradi	Doimiy dozlash va monitoring talab qiladi	Quduq, yig‘ish liniyasi, separator, quvur
Qoplama	Metallni muhitdan ajratadi	Nuqson bo‘lsa lokal korroziya xavfi ortadi	Quvur, rezervuar, apparat ichki/tashqi yuzasi
Katodik himoya	Yer osti va suv osti obyektlarida samarali	Elektr rejimi va potentsial nazorati kerak	Magistral quvurlar, rezervuar tubi
Muhitni boshqarish	Korroziya sabablarini kamaytiradi	Texnologik rejimga bog‘liq	Suv ajratish, kislorodni kamaytirish, pH nazorati
Monitoring va RBI	Nosozlikni oldindan aniqlaydi	Ma’lumot sifati va tahlil tajribasiga bog‘liq	Butun korxona aktivlari

ISSN 3030-3907

6. MONITORING, DIAGNOSTIKA VA RISKLARNI BOSHQARISH.

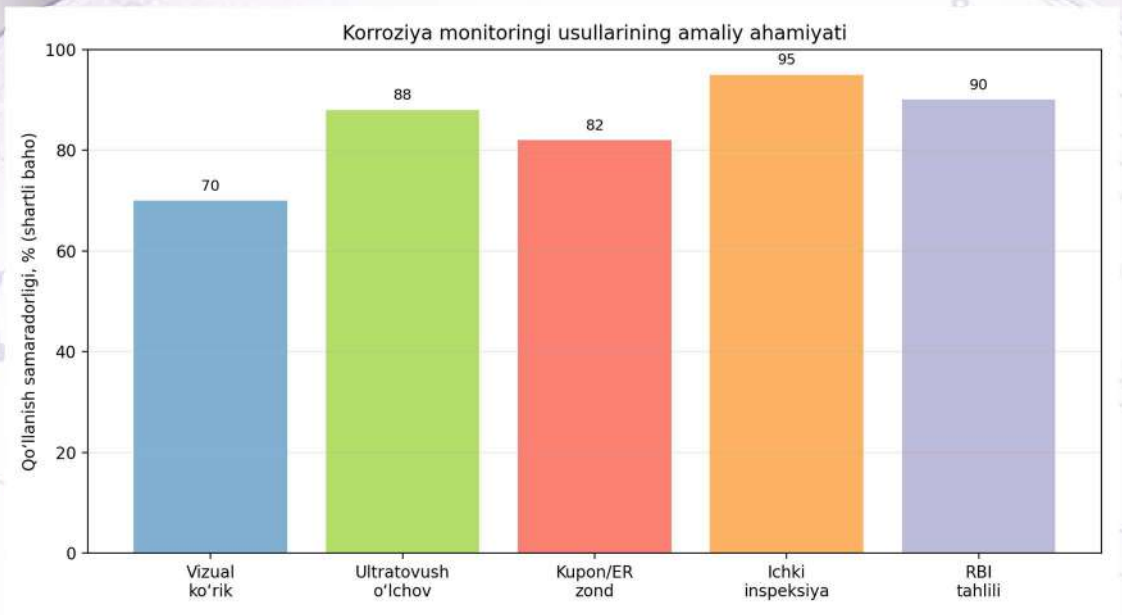
Korroziya nazorati faqat himoya reagentini qo‘shish bilan tugamaydi. Agar monitoring bo‘lmasa, himoya tizimining samaradorligini baholab bo‘lmaydi. Neft-gaz korxonalarida korroziya monitoringi kuponlar, elektr qarshilik zondlari, chiziqli polarizatsiya qarshiligi, ultratovush qalinlik o‘lchovi, radiografiya, magnit oqim sizishi, ichki inspeksiya moslamalari va vizual ko‘rik orqali amalga oshiriladi. Har bir usulning vazifasi va aniqlik darajasi turlicha bo‘lgani uchun ular ko‘pincha birgalikda qo‘llanadi.

Korroziya kuponlari muhitdagi o‘rtacha korroziya tezligini baholash uchun sodda va ishonchli usuldir. Biroq ular real quvur devoridagi lokal pittingni to‘liq ko‘rsatmasligi mumkin. Elektr qarshilik zondlari esa vaqt bo‘yicha tezkor ma’lumot beradi. Ultratovush tekshiruvlari devor qalinligini aniqlab, xavfli nuqtalarni kuzatish imkonini beradi. Magistral quvurlarda ichki inspeksiya moslamalari devor yo‘qolishi, deformatsiya va nuqsonlarning joylashuvini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Riskka asoslangan inspeksiya (RBI) korroziya xavfini oqibat va ehtimollik bo‘yicha baholaydi. Bunda har bir uskuna uchun muhit agressivligi, material, ishlash harorati, bosim, avariya oqibati va tarixiy ma’lumotlar hisobga olinadi. Natijada eng xavfli obyektlar tez-tez tekshiriladi, xavfi past obyektlarda esa ortiqcha inspeksiya xarajatlari kamayadi. Bu yondashuv korroziya menejmentini iqtisodiy va texnik jihatdan muvozanatlashtiradi.

Zamonaviy neft-gaz korxonalarida korroziyani boshqarish raqamli ma’lumotlar bazalari, onlayn sensorlar va prognoz modellariga tayanib bormoqda. pH, H_2S, CO_2, suv miqdori, xlorid, harorat va oqim tezligi bo‘yicha operativ ma’lumotlar korroziya xavf xaritasini tuzishga yordam beradi. Agar ma’lumotlar doimiy tahlil qilinsa, inhibitor dozasi optimallashtiriladi, xavfli zonalar oldindan aniqlanadi va rejalashtirilmagan to‘xtashlar kamayadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Korroziya monitoringi usullarining amaliy qo‘llanish darajasi (shartli baholash).

7. NEFT-GAZ KORXONALARI UCHUN AMALIY TAVSIYALAR.

Neft-gaz korxonalarida korroziyaga qarshi samarali tizim yaratish uchun birinchi navbatda korroziya xavf xaritasi tuzilishi lozim. Bunda quvurlar va apparatlar texnologik muhit, material, ish rejimi, tarixiy nosozliklar va himoya tizimi holati bo‘yicha guruhlarga ajratiladi. Xavfli zonalar sifatida suv ajraladigan past nuqtalar, quvur burilishlari, issiqlik almashinish apparatlarining kirish-chiqish qismlari, rezervuar tubi, izolyatsiya osti joylari va H_2S yuqori bo‘lgan bloklar alohida nazoratga olinadi.

Ikkinchi muhim yo‘nalish - suv va mexanik aralashmalarni boshqarishdir. Qatlam suvi quvurda qolsa, CO_2 va H_2S mavjud bo‘lgan holda korroziya tezlashadi. Shuning uchun separatorlarning ish samaradorligi, drenaj tizimi, deemulsifikator qo‘llash, filtrlar holati va qum ajratish qurilmalari doimiy nazorat qilinishi kerak. Suv tarkibidagi xlorid va pH bo‘yicha laboratoriya tahlillari texnologik qarorlar bilan bog‘lanishi zarur.

Uchinchi yo‘nalish - inhibitor dasturini ilmiy asosda yuritish. Inhibitorni tanlashdan oldin laboratoriya sinovi, moslik tekshiruvi, minimal samarali dozani aniqlash va real obyekt sharoitida tajriba-sanoat sinovi o‘tkazilishi kerak. Dozalash nasoslarining ishlashi, reagent sarfi, himoya plyonkasi barqarorligi va korroziya zondlaridan kelgan ma’lumotlar muntazam solishtiriladi. Inhibitor sarfini faqat ko‘paytirish emas, balki optimallashtirish maqsadga muvofiq.

To‘rtinchi yo‘nalish - xodimlar malakasi va hujjatlashtirishdir. Korroziya bo‘yicha qarorlar aniq ma’lumotlarga asoslanishi uchun har bir o‘lchov, ko‘rik, sinov, ta’mirlash va reagent dozasi yagona ma’lumotlar bazasida qayd etilishi lozim. Operatorlar korroziya belgilarini, H_2S xavfini, qoplama nuqsonlarini,

ISSN 3030-3907

katodik himoya potentsiallarini va favqulodda holat tartiblarini bilishi kerak. Tajriba shuni ko‘rsatadiki, yaxshi hujjatlashtirilmagan himoya tizimi vaqt o‘tishi bilan nazoratdan chiqib ketadi.

XULOSA.

Neft-gaz sanoatida korroziya jarayonlari murakkab, ko‘p omilli va texnologik rejimga juda sezgir hodisadir. Ularning asosida metall yuzasida anod-katod jarayonlari, agressiv gazlar, suv-tuzli muhit, yuqori harorat, oqim tezligi va mexanik aralashmalar ta’siri yotadi. CO_2 korroziyasi, H_2S korroziyasi, kislorodli pitting, mikrobiologik korroziya, eroziya-korroziya va yuqori haroratli sulfidlanish neft-gaz obyektlarida eng ko‘p uchraydigan xavfli mexanizmlar hisoblanadi.

Korroziyani oldini olishda yagona universal usul mavjud emas. Eng to‘g‘ri yondashuv - material tanlash, qoplama, katodik himoya, inhibitor, muhitni boshqarish, monitoring va riskka asoslangan inspeksiyani bir tizimga kiritishdir. Bunday yondashuv nafaqat metall yemirilishini kamaytiradi, balki ishlab chiqarish uzluksizligi, sanoat xavfsizligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi.

Amaliy jihatdan har bir neft-gaz korxonasi o‘zining korroziya xaritasini ishlab chiqishi, xavfli zonalarni aniqlashi, himoya usullarini texnologik sharoitga mos tanlashi va monitoring natijalarini muntazam tahlil qilishi zarur. Korroziyaga qarshi kurash reaktiv ta’mirlashdan ko‘ra oldindan bashorat qiluvchi, ma’lumotlarga asoslangan boshqaruv tizimi shaklida tashkil etilgandagina maksimal natija beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. AMPP/NACE International. IMPACT Study: International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies. Economic Impact of Corrosion.
2. American Petroleum Institute. API Recommended Practice 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry.
3. Vakili M., Koutník P., Kohout J. Addressing Hydrogen Sulfide Corrosion in Oil and Gas Industries: A Sustainable Perspective. Sustainability, 2024, 16(4), 1661.
4. AMPP. U.S. Pipeline Industry 2026: Leading Failures, New Technologies, and Future Outlook. AMPP Energy Industry Report, 2026.
5. ISO 15156 / NACE MR0175. Petroleum and natural gas industries - Materials for use in H_2S-containing environments in oil and gas production.
6. AMPP/NACE SP0169. Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.
7. Yan T. et al. Mechanism and anti-corrosion measures of carbon dioxide corrosion in oil and gas environments. Open-access review, 2023.

ISSN 3030-3907

8. Revie R.W., Uhlig H.H. Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering. Wiley.
9. Jones D.A. Principles and Prevention of Corrosion. Pearson.
10. Fontana M.G. Corrosion Engineering. McGraw-Hill.

ISSN 3030-3907