

УДК 622.276; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-6.11>
<https://orcid.org/0000-0002-0806-176X>
<https://orcid.org/0000-0002-4039-4900>
<https://orcid.org/0000-0002-6490-9972>

МИНЕРАЛДЫ ОРТАДАҒЫ СОРАПТЫ-КОМПРЕССОРЛЫҚ ҚҰБЫРЛАРДЫҢ КОРРОЗИЯЛЫҚ БҰЗЫЛУЫН БАҒАЛАУ



Б.Б. БУЛЕГЕНОВ,
магистрант,
bagdat_91g@mail.ru



П.А. ТАНЖАРИКОВ,
техника ғылымдарының
кандидаты, Инжинирингтік
технологиялар кафедрасының
профессоры,
pan_19600214@mail.ru



Н.С. СҮЛЕЙМЕНОВ,
техника ғылымдарының
кандидаты, Инжинирингтік
технологиялар кафедрасының
меңгерушісі,
nurzhan_suleymen@mail.ru

ҚОРҚЫТ АТА АТЫНДАҒЫ ҚЫЗЫЛОРДА УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 120000, Қызылорда қ., Әйтеке би көшесі, 29 а

Қазіргі таңда жергілікті Құмкөл және т.б. мұнай кеніштерінде ұңғыма өнімдерінің жоғарғы сулылығы мен құрамындағы минералды тұз шөгінділерінің әсеріне байланысты сәйкесінше өндіру жабдықтарының төзімділігін арттыру мәселесі өзектілігін жоғалтқан емес.

Мақалада мұнай-газ өнеркәсіптерінде сорапты-компрессорлық құбырлар мен ұңғымалық сораптар металының коррозиялық бұзылу механизмі қарастырылған, яғни, пайдалану процесінде коррозияның бастапқы дамуы туралы ақпарат қамтылады. Мұнай кен орынында орын алатын негізгі мәселелердің бірі сорапты-компрессорлық құбырларға қабат суларындағы химиялық құрамның әсері және осы себепті коррозияға ұшырауына қатысты зерттеледі. Мұндағы зерттеу тәжірибесі ұңғымалық жер асты жабдығында темір сульфидінің түзілуіне қатысты орындалды. Жер асты өндіру жабдықтарының орындалу сипатына сәйкес болат материалдарында коррозия жылдамдығының мәні анықталады. Қажетті өлшемдегі ұңғыма тереңдігінде беттік сұйықтыққазерттеу бойынша орташа нәтижесінің графикалық өңдеулері жүргізілді.

Осы орайда технологиялық процестерді бақылау негізінде, ұңғымалық жабдықта коррозияның дамуын өлшеу мен диагностикалау жүйесін қолданысқа енгізу, мұнай кәсіпшілік жабдықтар мен құбырларда коррозияға қарсы іс-шаралар кешенін тиімді жүргізу мақсаты айқындалады, сонымен қатар болып табылады.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: коррозия, сорапты-компрессорлық құбырлар, кәсіптік құбырлар, зертханалық сынақтар, коррозияны бақылау.

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ В МИНЕРАЛЬНЫХ СРЕДАХ

Б.Б. БУЛЕГЕНОВ, магистрант, bagdat_91g@mail.ru

П.А. ТАНЖАРИКОВ, кандидат технических наук, профессор, pan_19600214@mail.ru

Н.С. СУЛЕЙМЕНОВ, кандидат технических наук, nurzhan_suleymen@mail.ru

КЫЗЫЛОРДИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. КОРКЫТАТА,
Республика Казахстан, 120000, г. Кызылорда, ул. Айтеке би 29а

В настоящее время не утратил актуальности вопрос повышения устойчивости добычающего оборудования в связи с высокой обводненностью скважинной продукции и воздействием содержащихся в ней минеральных соляных отложений на местных нефтяных месторождениях Кумколь и др.

В статье рассмотрен механизм коррозионного разрушения металла насосно-компрессорных труб и скважинных насосов в нефтегазовой промышленности, т. е. содержится информация о первоначальном развитии коррозии в процессе эксплуатации. Одна из основных проблем, возникающих на нефтяных месторождениях, изучается в отношении воздействия химического состава в слоистых водах на насосно-компрессорные трубы и, следовательно, коррозии. Опыт исследований здесь выполнен в отношении образования сульфида железа в скважинном подземном оборудовании. В соответствии с характером выполнения оборудования подземной добычи определяется значение скорости коррозии стальных материалов. Проведены графические обработки среднего результата исследования поверхностной жидкости на глубине скважины необходимого размера.

В этой связи на основе контроля технологических процессов определяется цель введения в действие системы измерения и диагностики развития коррозии на скважинном оборудовании, а также эффективного проведения комплекса антикоррозионных мероприятий на нефтепромысловом оборудовании и трубопроводах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коррозия, насосно-компрессорные трубы, промышленные трубы, лабораторные испытания, контроль коррозии.

ASSESSMENT OF CORROSION DAMAGE TO OIL-WELL TUBING IN MINERAL ENVIRONMENTS

B.B. BULEGENOV, master degree's student, bagdat_91g@mail.ru

P.A. TANZHARIKOV, candidate of technical sciences, professor, pan_19600214@mail.ru

N.S. SULEYMENOV, candidate of technical sciences, nurzhan_suleymen@mail.ru

KYZYLORDA UNIVERSITY NAMED AFTER KORKYT ATA
29a, Aiteke bi Street, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan

At present, the issue of improving the stability of production equipment due to high water cut of well products and the impact of mineral salt deposits contained in it at local oil fields Kumkol and others has not lost its relevance.

The article discusses the mechanism of corrosion destruction of metal tubing pipes and well pumps in the oil and gas industry, i.e. it contains information about the initial development of corrosion during operation. One of the main problems encountered in oil fields is studied with regard to the effect of the chemical composition in layered water on tubing and hence corrosion. Experimental studies are performed here with respect to iron sulphide formation in downhole underground equipment. According to the nature of performance of underground production

equipment, the value of corrosion rate of steel materials is determined. Graphical treatments of the average surface fluid result at the depth of the borehole of the required size are carried out.

In this regard, based on the control of technological processes, the purpose of introducing a system for measuring and diagnosing the development of corrosion on downhole equipment, as well as the effective implementation of a set of anti-corrosion measures on oilfield equipment and pipelines is determined.

KEY WORDS: *corrosion, oil-well tubing, fieldpipelines, laboratory tests, corrosion monitoring.*

Кіріспе. Мұнай өндіру технологиясы мен техникасының жай-күйі, әсіресе агрессиялық ортасы күрделі ұңғымаларды пайдалану жағдайында, өнімділік процестерін мейлінше шығынсыз жетілдіруге мүмкіндік беретін шешімдерді талап етеді. Ұңғымалардың тиімді қолданысын төмендететін себептердің біріне ұңғыма аймағында және мұнай кәсіпшілік жабдықтарының: сорапты-компрессорлық құбырлар мен батырмалы сорапты жабдықтардың бетінде туындайтын коррозиялық қабатты жатқызуға болады. Пайда болған коррозиялық қабат ұңғымадағы сорапты-компрессорлық құбырлар қимасының беріктік қасиеттерінің төмендеуіне, бұрандаларда жарықтардың пайда болуына, сондай-ақ сорапты қондырғылардың жасалу материалдар пішінін өзгерте отырып өнімділік көрсеткішінің қысқаруына немесе толық жоғалуына және кейде мұнай өндірістік нысандарда апаттық жағдайдың орын алуына себеп болады.

Өндіруші ұңғымалардағы сорапты-компрессорлық құбырлар (СКҚ) бағандары негізгі функциядан басқа – қабаттан алынатын сұйықтықты, газды немесе олардың қоспасын жер бетіне көтеру сияқты және келесідей бірқатар маңызды функцияларды орындайды: технологиялық органы ұңғымаға тасымалдау, жабдықты ұңғымаға ілу, ұңғымада жөндеу жұмыстарын жүргізу және т.б. Мұнай мен газ өндірудің әр түрлі әдістерінде, қабат қысымын ұстап тұру үшін ағынды суларды қабатқа айдау кезінде құбыр бағандарын ұзақ уақыт пайдалану тәжірибесі негізінде, олардың төмен тиімділігі мен шектеулі қызмет ету мерзімінің негізгі себептерін анықтауға мүмкіндік береді. Мұнай мен газ өндіру әдісіне қарамастан сорапты құбырлар бағандарының төмен тиімділігі келесідей мәселелерге байланысты:

- ұңғыманың ішкі бетінде шайырлы парафиндер мен минералды тұздардың қатты шөгінділерінің пайда болуы, бұл олардың өту қимасының төмендеуіне, демек, гидравликалық кедергінің айтарлықтай өсуіне әкеледі, нәтижесінде ұңғыма өнімін көтеретін энергия шығыны күрт артады;

- бастапқы тығыздағыштың жеткіліксіздігі – құбырлардың бұрандалы қосылыстарының жиілігі және оны пайдалану кезінде төмендету, бұл тасымалданатын ортаның айтарлықтай ағып кетуіне әкеледі.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Құбыр бағандарының шектеулі қызмет ету мерзімінің себептері мұнай мен газды өндіру әдісіне байланысты. Фонтан және газлифт тәсілдерімен пайдаланылатын мұнай және газ ұңғымаларында, штангалы-ұңғымалық сораптардың (ШҰСК), электр ортадан тепкіш (ЭОТС) және электр бұрандалы (ЭБС) сорап қондырғыларында, сондай-ақ айдау ұңғымаларында ұңғыма бағандарының шектеулі қызмет ету мерзімінің негізгі себептері төмендегідей [1]:

- қабырғаның қалыңдығының төмендеуіне әкелетін болаттың электрохимиялық коррозиясы (жалпы немесе жергілікті);
- ұңғымалардың адсорбциялық белсенді өніміндегі статикалық шаршау, атап айтқанда, құрамында күкіртсутек бар ортада және т.б.;
- бұрандалы қосылыстардағы фреттинг-коррозия, мұнда жабдық беттері бұзылады.

Осы немесе басқа процестің басым болуы ұңғыма өнімдерінің құрамымен және оның жұмыс режимімен анықталады. Газ, фонтанды және айдау ұңғымаларында, сондай-ақ мұнай өндірудің жоғарыда аталған механикаландырылған тәсілдерімен пайдаланылатын ұңғымаларда гидроабразивті және газобразивтітозуы іс жүзінде жоқ. Бұл қатты механикалық қоспалары бар сұйықтық немесе газ ағыны қозғалысының шектеулі жылдамдығына байланысты, яғни газ ұңғымаларында 11 м/с дейін және келесі ұңғымаларда: ШҰСҚ-да 1,1 м/с және ЭОТС-та 1,53 м/с болады. Ағын қозғалысының көрсетілген жылдамдықтарында сұйықтықтың ағыны жағынан эрозиялық фактордың рөлі шамалы және негізінен металл бетінен газ тәрізді және оңай бұзылатын өнімдер ағынмен алып тасталынады, бұл коррозия процесінің белсендірілуіне әкеледі.

Мұнай-газ кен орындарының қабат сулары жоғары минералданған тұздардан тұрады. Олар негізінен хлорлы натрий мен кальцийден құралған. Бірақ олардың құрамында күкіртсутектің көмір қышқыл газы мен оттегі жоқ болғандықтан, ұңғыманың болаттан жасалған қондырғыларына коррозиялық әсері өте әлсіз болады. Көміртекті болаттың (0,3%С) әртүрлі газ қосылған қатаң және сілтілі судағы коррозиясының жылдамдығы *1-кестеде* келтірілген, мұнда қатты судағы болаттың коррозиясы сілтілікке қарағанда үлкен екені байқалады.

Мұндай материалдарға коррозияға төзімділігі он балдық шкала бойынша алтыншы, жетінші және сегізінші баллмен ғана бағалануы мүмкін «Д» (болат 45) және «К» (мысалы, болат 36Г2С) беріктік топтарының СКҚ-лар болатына жатқызу мүмкіндігі бар. Әдетте, 36Г2С маркалы болаттан жасалған СКҚ-лар, құрамында оттегі мен көмірқышқыл газы бар минералданған ортада, сондай-ақ құрамында H₂S күкіртсутегі жоқ сілтілі ортада пайдаланылады.

1 кесте – Болаттан жасалған материалдың судағы коррозия жылдамдығының мәндері

Су сипаттамалары	Химиялық құрамы, %				Коррозия жылдамдығы, г/(м ² ×сағ.)			
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	O ₂ қатыспаған	O ₂	O ₂ +CO ₂	O ₂ +H ₂ S
Қатты су	7,6	0,05	0,41	0,2	0,07	0,191	0,48	0,7-2,6
Сілтілі су	0,5	0,16	0,01	0,02	0,03	0,086	0,36	1,5-6,7

Құрамында күкіртсутегі H₂S жоқ сілтілі ортада жұмыс істегенде, 45 маркалы болаттан жасалған СКҚ-да қолданылуы мүмкін.

Көптеген зерттеулердің нәтижелері бойынша 40Х және 30ХМА болаттарының жалпы коррозиясы СКҚ-да жылына 1,0÷5,0 мм аралықта (8-балл) өседі, сондай-ақ

олар аз төзімді топқа жатады. Сорапты-компрессорлық құбырлардың коррозияға төзімділігі 2-кестеде көрсетілген.

Калий перманганатының болат маркаларынан жасалған құбырлары 20 г/л дейін, 60 °С-тан төмен температурада, ағын жылдамдығы 2,2 м/с және жалпы қысым 6 МПа-ға дейін минералданған кезде ұсынылады. Хромды болаттан жасалған СКҚ-лардың қолдану ауқымы біршама жоғары, олар: сұйықтықтың минералдануы 100 г/л дейін, температурасы 60° С-тан 150° С -қа дейін, ағын жылдамдығы 2,2 м/с-тан жоғары, жалпы қысымы 9 МПа-ға дейінгі кездерде қолданылады (2-кесте).

2 кесте – Сорапты-компрессорлық құбырлардың коррозияға төзімділігі

Төзімділік тобы	Металл коррозиясының жылдамығы, мм/жыл	Балл
Толығымен төзімді	<0,0011	1
Өте төзімді	0,0011÷0,0051	2
	0,0051÷0,011	3
Тұрақты	0,011÷0,051	4
	0,051÷0,11	5
Төмен төзімді	0,11÷0,51	6
	0,51÷1,1	7
Өте төмен төзімді	1,1÷5,1	8
	5,1÷10,1	9
Тұрақсыз	>10,1	10

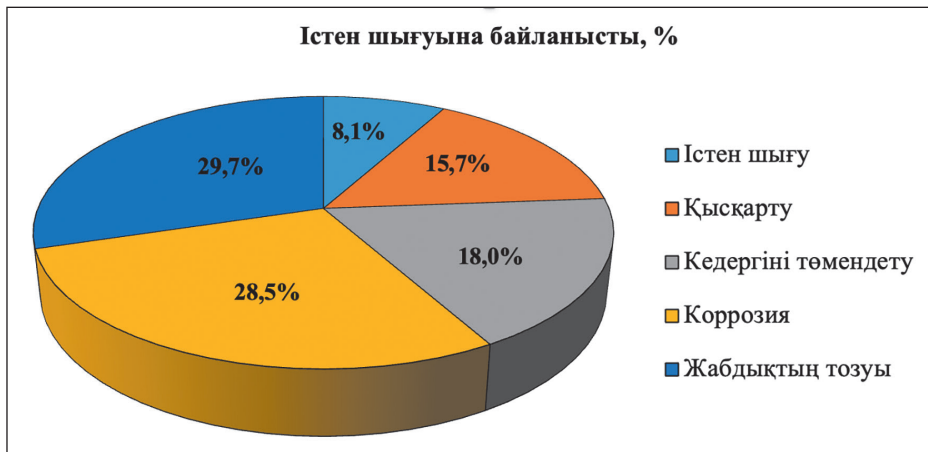
Өндіруші ұңғымалар өніміндегі қабат суларының химиялық құрамына, қысымына, температурасына, механикалық қоспаларына және минералдануының өзгеруіне, сондай-ақ кен орындарындағы коррозиялық жағдайды болжау мен қолданыстағы жерасты жабдықтарының жөндеу аралық кезеңін ұлғайту мақсатында коррозияға қарсы іс-шараларды жүргізу үшін пайдаланылған суландыру динамикасына бақылау жүргізіледі.

Шаршау күшіне әсер ететін факторлар негізінде СКҚ ішкі бетінің коррозиялық-механикалық тозуы, бұл қабырға қалыңдығының төмендеуіне және нәтижесінде құбыр денесінің иілуіне әкеледі. Сонымен қатар, пайдалану кезінде ұңғымаларды бұзудың жетекші процесі көп жағдайда, әсіресе көлбеу бағытталған ұңғымаларда, коррозиялық-механикалық тозу болып табылады. Жоғарыда аталған СКҚ жұмыс тиімділігінің төмендеуіне әкелетін процестер көбінесе СКҚ ішкі бетінің нақты сапасының сәйкес келмеуімен анықталады. Мұнай құбырларының істен шығуының негізгі себептері төмендегідей:

- ішкі және сыртқы коррозия;
- дәнекерлеу ақаулары;
- зауыттық ақаулар;
- механикалық зақымдану;
- дұрыс пайдаланбау кезіндегі бұзылу және құрылыс ақаулары.

Жабдықтардың шамамен 30-50%-ы ішкі себептерге байланысты, ол әрдайым пайда болатын құбырдың беткі қабатының коррозияға ұшырауы, яғни коррозиялық активтілік қасиеттерімен анықталады [2].

Құмкөл кен орнындағы жабдықтардың істен шығу себептері *1-суретте* келтірілген. Сорапты-компрессорлық құбырлардың техникалық жағдайына және қызмет ету мерзіміне әсері бар ең көп таралған факторлар болып ұнғыма ортасының агрессивті-коррозиялық әсері және пайдалану процесінде СКҚ әсерлесетін циклдік жүктемелер болып табылады. Қабат сұйықтығында еріген минералды тұздар, басқа агрессивті-коррозиялық көмірсутекті емес қоспалармен (S_2 , O_2 , CO_2 және т.б.), болаттардың беткі құрылымында электрохимиялық коррозияны дамытудың қуатты активаторлары ретінде көрінеді. Бұл металдың бұзылуы мен массаның жоғалуына, пішіннің бұзылуы және атомдық байланыстардың үзілуіне әкеледі, нәтижесінде коррозиялық жарықтар желісінің дамуы, құбыр қимасындағы беріктік қасиеттерінің төмендеуі, ойықтар мен деформацияның пайда болуына, оның созылуының әлсіреуі, сондай-ақ бұрандалы қосылыстардың бұзылуына әкеледі. Талдау нәтижелері ЭОТС жұмыс органдарында істен шығудың негізгі себептері ретінде айқын көрсетеді.



1-сурет – Мұнай жабдықтарының істен шығу себептері

2-суретте ГОСТ Р 52203 бойынша дайындалған 25Г болат маркалы металдың жергілікті бұзылуы (ойық) мысал ретінде келтірілген. Металдың коррозиялық бұзылуы жалпы және жергілікті (ойық) механизмдері бойынша дамиды. Жергілікті коррозия жылдамдығының ұлғаюы классикалық коррозиялық процестердегі көмірқышқыл газының коррозиялық механизмі бойынша жүреді, бұл жерде күрделі тасымалданатын ортада коррозиялық белсенді күкірт қосылыстары және хлор болуы жағдайды күрделендіреді. Металл құрылымының әртүрлігіне байланысты сызықты жолақтар пайда болып, коррозия жылдамдығын жылына 11 мм-ге дейін арттырады.

Осылайша, СКҚ техникалық жағдайында коррозиялық-шаршау әсері күрделі болып табылады, сыртқы факторлардың әсерінен пайда болады және бұзылу белгілері айқын болғанға дейін жасырын дамиды. Минералданған ортада жұмыс істеген кезде апаттық бұзылулардың пайда болуын болдырмау, СКҚ-ның техникалық



2-сурет – ЭОТС жұмыс органдарындағы тұз шөгінділері

жай-күйін ұдайы мониторингтеу арқылы мүмкін болады. Алайда, оның СКҚ-ға қатысты анықтау механизмі осы уақытқа дейін толық зерттелмеген. Сондықтан жұмыс кезінде сорапты-компрессорлық құбырлардың коррозиялық-шаршау жағдайын бағалау заңдылықтарын іздеу өте маңызды. Қазіргі уақытта, кен орнында күрделі пайдалану шарттарын қамтитын іс-шараны қолдану – мұнай-газ жабдықтарын коррозияға қарсы қорғау жұмыстарын жүргізу қажеттілігіне еш күмән келтірмейді [3]. Барлық кен өндіруші саладапайда болған төтенше жағдайлардың шамамен 50%-ы сорапты-компрессорлық құбырлардың коррозияға ұшырауына байланысты [4]. Кәсіптік статистикаға сәйкес, барлық коррозиялық әсердің шамамен 40%-ы сорапты-компрессорлық құбырларға түседі. Істен шығудың негізгі себебі шамамен 50% бұрандалы қосылыстың коррозияға байланысты саңылаусыздығын жоғалтуынан болып тұр [5].

Орналасуына байланысты коррозиялық процестерді негізіненекі топқа бөлуге болады:

1. Ішкі беттің коррозиясы (айдау кезіндегі ортамен байланыс);
2. Сыртқы бетінің коррозиясы (қоршаған ортамен байланыс: топырақ, электролит, ауа).

Коррозиялық бұзылу сипаты бойынша металдар жалпы (тұтас) және локальды (ойық жара) коррозия деп жіктеледі. Олардың ішіндегі ең қауіптісі жергілікті коррозия жылдамдығының дамуына маңызды үлес қосатын механизмдер (10 есеге дейін немесе одан да көп). Мұндай бұзылу түрлеріне: стресс-коррозия немесе түскен кернеуден коррозиялық шытынау (ККШ), түскен кернеуден сульфидті коррозиялық шытынау (КСКШ), ойық жара немесе пит-коррозия жатады. Мұндай зақымдарды өте шағын өлшемді болуына және қуыстары коррозиялық өнімдермен толуына байланысты анықтау қиын [6-11]. 3-кестеде болат құрамына жүргізілген коррозиялық, электрохимиялық зерттеулер көрсетілген.

Мұнай кәсіпшілігі тәжірибесі үшін күкіртсутегі, сульфатты бәсеңдететін бактериялар, темір иондары ұңғымаларында темір сульфидінің түзілуіне нақты бай-

3 кесте – Болат материалдардың химиялық құрамдары және механикалық қасиеті

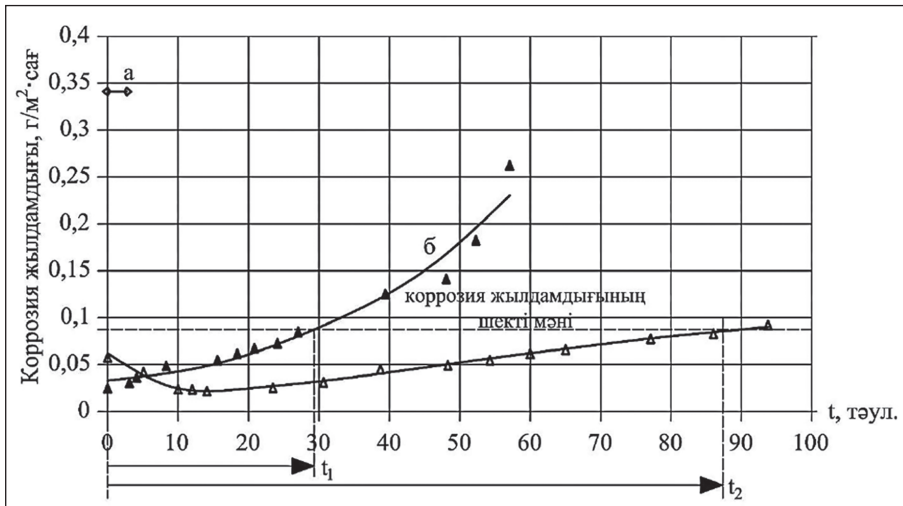
Болат материалының маркалары	σ , МПа	δ , %	Материалдағы химиялық элементтер, %							
			C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
Ст 3	370	21	0,18	0,49	0,25	0,04	0,05	0,2	0,27	0,3
17Г	510	23	0,18	1,29	0,54	0,01	0,04	0,3	0,26	0,4
09Г	500	20	0,12	1,39	0,63	0,04	0,01	0,4		0,3
37Г2	960	13	0,32	1,46	0,69	0,05	0,05	0,4		
15Х	740	14	0,18	0,52	0,28	0,04	0,04	0,5		
22	360	27	0,19	0,49	0,27	0,04	0,05	0,1		
37	530	17	0,33	0,62	0,33	0,04	0,05	0,1		
43	560	14	0,41	0,69	0,32	0,04	0,05	0,1		
45Х	950	11	0,36	0,63	0,28	0,04	0,04	0,1	0,2	0,3

ланысты болуын мазмұнды зерттеу қызығушылық тудырады. Ол үшін 9 ұңғымада 30-дан 150 м-ге дейін 1м қабат қуатына $0,65\text{ м}^3$ беттік сұйықтық алынып зерттеу жүргізілді. Өлшемдердің орташа нәтижелері 3-суретте келтірілген.



3-сурет – Ұңғыма түптік аймағындағы тұз, қышқыл, иондардың мөлшері

Сынақтың бірінші кезеңінде ингибиторлық қорғаусыз коррозия жылдамдығының мәні анықталды (4-сурет, а-коррозияның фондық жылдамдығы, б-тауарлық нысанда ингибитормен өңдеу кезіндегі коррозия жылдамдығы), ол $0,32\text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ құрады, ал коррозияның «рұқсат етілген» жылдамдығы (қорғаныс әсерінің шамасы 75% болған кезде), ол $0,08\text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ құрады. Содан кейін, ұңғыма, бұрын қабылданған технологиялар бойынша коррозия ингибиторын құю арқылы өңделді [12-15].



4-сурет – Ұңғыманы көбіктенген ингибирленген композициямен өңдеу қорытындысы

Қорытынды. Коррозия процесі сыртқы және ішкі факторлардың айнымалылар кешеніне тәуелді және бақылау мен зерттеу кезінде бірдей кешенді тәсілді қажет ететін күрделі көп факторлы жүйе болып табылады. Коррозияны бақылау және зерттеу үшін қолданылатын аталған әдістердің ешқайсысы әмбебап емес. Олардың әрқайсысынан алынған мәліметтердің ерекшелігімен шартталған өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері және оның қолданылуындағы бірқатар шектеулері бар. Сондықтан коррозиядан қорғаудың тиімді жүйесін жобалау мен құрудың негізгі қағидаттарының бірі, технологиялық параметрлеріне байланысты түзету шараларын уақтылы жүргізу үшін қолданылатын коррозияға қарсы шараларды оңтайландыру, осылайша құбырдың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік беретін коррозияға қарсы іс-шараларды жүргізу, коррозиялық зақымданулардың даму динамикасын және құбырдың жұмыс мерзімін бақылауға және болжауға мүмкіндік беретін өлшеу мен диагностиканың бірнеше әдістерін кешенді пайдалану болып табылады. Жөндеу кезінде экономикалық шығындарды барынша азайту, мұнай кәсіпшілігі құбырларының барынша қауіпсіз пайдаланылуы мен тұтастығын қамтамасыз ету, бұл әсіресе ең жауапты аумақтарда, сондай-ақ коррозиялық процестердің даму қаупі жоғары аумақтарда өзекті мәселелердің бірі болып саналады. 📌

ӘДЕБИЕТ

- 1 Протасов В.Н., Макаренко А.В. О процессах, вызывающих повреждения и отказы насосно-компрессорных труб при эксплуатации, и соответствии нормативно-технической документации, определяющей качество этих труб, их назначению // Территория нефтегаз. – 2007. – №6. – С. 56-62. [Protasov V.N., Makarenko A.V. O processah, vyzyvajushhih povrezhdenija i otkazynasosno-kompressornyhtrubprijeksplyatacij, i sootvetstviinormativno-tehnicheskoidokumentacii, opredelajushhejkachestvojetih trub, ihnaznacheniju // Territorijaneftgaz. – 2007. – №6. – S. 56-62.]
- 2 Кармачев Д.П. Анализ статистических данных об отказахпромысловых трубопроводов

- // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сб. науч. тр. VI Междунар. конф. – Томск: ТПУ, 2019. – С. 26–31. [Karmachev D.P. Analiz statisticheskikh dannykh ob otkazahpromyslovykh truboprovodov // Informacionnye tekhnologii v nauke, upravlenii, social'nojsfere i medicine: sb. nauch. tr. VI Mezhdunar. konf. – Tomsk: TPU, 2019. – S. 26–31.]
- 3 Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Ершова О.В., Мишурина О.А. Исследование факторов, влияющих на коррозию электрооборудования, эксплуатируемого в условиях агрессивной окружающей среды // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №2. – С. 141–149. [Chuprova L.V., Mullina E.R., Ershova O.V., Mishurina O.A. Issledovanie faktorov, vliyayushchih na korroziyu elektrooborudovaniya, ekspluatiruemogo v usloviyah agressivnoy okruzhayushchej sredy // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – №2. – S. 141–149.]
 - 4 Чэнь Цюнь. Совершенствование пассивной системы защиты трубопроводов от коррозии: дис. канд. техн. наук. – Уфа: УГНТУ, 2017. – 149 с. [Chen' Cyun'. Sovershenstvovanie passivnoj sistemy zashchity truboprovodov ot korrozii: dis. kand. tekhn. nauk. – Ufa: UGNTU, 2017. – 149 s.]
 - 5 Павлова П.Л. Исследование коррозионных отложений в резьбовых соединениях насосно-компрессорных труб // Studylib. [URL: https://ws.studylib.ru/doc/767231/udk-622.27-issledovanie-korrozionnyh-otlozhenij-v-rez-_bovy] (дата обращения: 12.06.2020). [Pavlova P.L. Issledovanie korrozionnyh otlozhenij v rez'bovyh soedineniyah nasosno-kompressornyh trub // Studylib.]
 - 6 Петров С.С., Васин Р.А., Князева Ж.В., Андриянов Д.И., Сургаева Е.С. Коррозионное разрушение металла нефтегазопроводных труб в процессе эксплуатации и при лабораторных испытаниях // Нефтегазовое дело. – 2020. – № 4. – С. 102-112. [Petrov S.S., Vasin R.A., Knyazeva Zh.V., Andriyanov D.I., Surgaeva E.S. Korrozionnoe razrushenie metalla neftegazoprovodnyh trub v processe ekspluatatsii i pri laboratornyh ispytaniyah // Neftegazovoe delo. – 2020. – № 4. – С. 102-112.]
 - 7 Маркин А.Н., Низамов В.Э. CO₂ – коррозия нефтепромышленного оборудования. – М.: ВНИИОЭНГ, 2003. – 187 с. [Markin A.N., Nizamov V.E. SO₂ – korroziya neftepromysloвого oborudovaniya. – M.: VNIIOENG, 2003. – 187 s.]
 - 8 Князева Ж.В., Юдин П.Е., Петров С.С., Максимук А.В., Прокудин А.В. Особенности эксплуатации насосно-компрессорных труб в условиях скважин коррозионного фонда // Территория нефтегаз. – 2018. – №2(40). – С. 50–54. [Knyazeva Zh.V., Yudin P.E., Petrov S.S., Maksimuk A.V., Prokudin A.V. Osobennosti ekspluatatsii nasosno-kompressornyh trub v usloviyah skvazhin korrozionnogo fonda // Territoriya neftegaz. – 2018. – №2(40). – S. 50–54.]
 - 9 Борисенкова Е.А., Сачкова Е.Н., Иоффе А.В. О механизме микробиологической коррозии стальных нефтепромышленного оборудования в условиях эксплуатации и в лаборатории // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2013. – №3(39). – С. 99–104. [Borisenkova E.A., Sachkova E.N., Ioffe A.V. O mekhanizme mikrobiologicheskoy korrozii staley neftepromysloвого oborudovaniya v usloviyah ekspluatatsii i v laboratorii // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskienauki. – 2013. – №3(39). – S. 99–104.]
 - 10 Баев К.Е., Лебедев Д.О., Воронин К.С. Сероводородная коррозия трубопроводов и современные способы антикоррозионной защиты // Нефтегазовый терминал: сб. науч. тр. Междунар. научно-техн. конф. им. Н.А. Малюшина. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 31–35. [Baev K.E., Lebedev D.O., Voronin K.S. Serovodorodnaya korroziya truboprovodov i sovremennye sposoby antikorrozionnoj

- zashchity // Neftegazovyy terminal: sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauchno-tekh. konf. im. N.A. Malyushina. – Tyumen': Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2019. – S. 31–35.].
- 11 Танжариков П.А., Амангельдиева Г.Б., Тілеуберген А.Ж. Ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігін бағалау // Нефть и газ, – 2021. – №6(126) – С.79-90 б. [Tanzharikov P.A., Amangeldieva G.B., Tileubergen A.Zh. Ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігін бағалау // Neft' i gaz, – 2021. – №6(126) – S. 79-90 b.]
 - 12 Таңжарықов П.Ә., Амангельдиева Г.Б. Мұнай және газ ұңғыма жабдықтарының коррозиялық тозуына қабат суларының әсері // Нефть и газ. – 2021. – №2(122) – С.25-35 б. [Таңжарықов П.А., Amangeldieva G.B. Mұнай және газ ұңғыма жабдықтарының коррозиялық тозуына қабат суларының әсері // Neft i gaz. – 2021. – №2 (122) – S. 25-35.]
 - 13 Валеев М.Д., Хасанов М.М. Глубиннонасосная добыча вязкой нефти. – Уфа: Башкирское книжное издательство, 1992. – 150 с. [Valeev M.D., Hasanov M.M. Glubinnoonasosnaja добыча вязкой нефти. – Ufa: Bashkirskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1992. – 150 s.]
 - 14 Борисенкова Е.А. Разработка и применение методов исследования влияния состава и структуры материалов стальных труб на коррозионную стойкость внефтяных средах: дис. канд. техн. наук. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. – 198с. [Borisenkova E.A. Razrabotka i primeneniye metodov issledovaniya vlijaniya sostava i struktury materialov stal'nyh trub na korrozionnuju stojkost' v nef'tjanyh sredah: dis. kand. tehn. nauk. – Penza: Izd-vo PGU, 2016. – 198 s.]
 - 15 Бутусов Д.С., Егоров С.И., Завьялов А.П., Ляпичев Д.М. Коррозионное растрескивание под напряжением газопроводов. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – 80 с. [Butusov D.S., Egorov S.I., Zav'jalov A.P., Ljapichev D.M. Korrozionnoe rastreskivanie pod naprjazheniem gazoprovodov. – M.: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2015. – 80 s.]