

УДК 620.197; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2021-6.04>

## ҰҢҒЫМАЛЫҚ ОРТАНЫҢ КОРРОЗИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН БАҒАЛАУ



**П.А.ТАҢЖАРЫҚОВ,**  
техника ғылымдарының  
кандидаты, мұнай-газ  
инжинирингі кафедрасының  
профессоры,  
<https://orcid.org/0000-0002-6490-9972>



**Г.Б. АМАНГЕЛЬДИЕВА,**  
мұнай-газ инжинирингі  
кафедрасыныңаға  
оқытушысы,  
<https://orcid.org/0000-0002-9187-8104>



**А.Ж. ТЛЕУБЕРГЕН,**  
мұнай-газ инжинирингі  
кафедрасының  
аға оқытушысы, магистр,  
<https://orcid.org/0000-0003-2103-646X>

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

Мақалада мұнай және газ кен орындарын игеру кезеңінде өндірілетін шикізаттардың химиялық құрамының өзгерісі мен қондырғылардың коррозиялық бұзылуына әкелетін процестердің негізгі түрлері көрсетілген. Қышқылды газдың технологиялық жүйелердің әсерінен мұнай және газ кен орындарын игеру кезеңінде өндірілетін шикізаттардың химиялық құрамы өзгеріп, қондырғылардың коррозиялық бұзылуына әкелетіні көрсетілді. Өртүрлі мөлшердегі қабаттық және тұщы сулардың (тұз концентраты) және ортаның қозғалу жылдамдығына (оттегінің түсуі) байланысты коррозия жылдамдығының әсер етуі зерттеліп, график түрінде келтірілді. Қос фазалы ортаның коррозияға белсенділігі сутегі көміртекті және компонентті жүйенің физико-химиялық қасиеттеріне тәуелділігі талдау жүргізу арқылы дәлелденді.

Мақала сорғы мен компрессорлық құбырлардың коррозиялық-шаршау күйін бағалау заңдылықтарын анықтауға бағытталған. Жұмыста ортаның коррозиялық қасиетін бағалау үшін балдық шкаласын қолдану ұсынылды. Өрбір бағалау нүктесі зерттелетін минералданған ортада металдың коррозияға ұшырау жылдамдығын сипаттайтын объективті өлшенген сандық көрсеткіштердің белгілі диапазонына сәйкес келеді деп болжанады. Ақшабұлақ мұнай-газ кен орнының негізгі мұнай-газ өндіретін аймақтарының әртүрлі коррозиялық орталарының белсенділігін бағалау дайындалған әдістеме бойынша Қорқыт Ата университетінің бейінді зертханасындағы қондырғының көмегімен орындалды. Алынатын өнімдердегі мұндай коррозиялық орта-бұл резервуарлық сулар, ал айдау кезінде-“өнеркәсіптік ағындар” қолданылады.

\* Адрес для переписки. E-mail: [aibek\\_mn@mail.ru](mailto:aibek_mn@mail.ru)

*Осылайша, ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігін бағалаудың әзірленген әдістемесі іс жүзінде маңызды болып табылады және ұңғымалық жабдықтар мен сорапты-компрессорлық құбырлардың пайдалану ресурсын басқару құралы болып табылады, бұл оларды ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігінің белгілі бір жағдайларында пайдалану мүмкіндігі мен орындылығын бағалауға мүмкіндік береді.*

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** мұнай және газ, коррозиядан қорғау, қышқылды орта.

## ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ СКВАЖИННОЙ СРЕДЫ

**П.А. ТАНЖАРИКОВ**, кандидат технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6490-9972>

**Г.Б. АМАНГЕЛДИЕВА**, старший преподаватель, магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0002-9187-8104>

**А.Ж. ТЛЕУБЕРГЕН**, старший преподаватель, магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0003-2103-646X>

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

*Перечислены основные виды процессов, приводящих к изменению химического состава добываемого сырья и коррозионному разрушению установок в период разработки нефтяных и газовых месторождений. Показано, что кислый газ под воздействием технологических систем в период разработки нефтяных и газовых месторождений изменяет химический состав добываемого сырья, что приводит к коррозионному разрушению установок. Исследовано и приведено в виде графика влияние скорости коррозии в зависимости от скорости движения пластовых и пресных вод (концентрация соли) различных размеров и среды (поступления кислорода). Экспериментально доказана зависимость коррозионной активности двухфазной среды от физико-химических свойств водородно-углеродной и компонентной систем.*

*Статья направлена на выявление закономерностей оценки коррозионно-усталостного состояния насосных и компрессорных труб. В работе предложено использовать балльную шкалу для оценки коррозионных свойств среды. Предполагается, что каждая точка оценки соответствует известному диапазону объективно измеренных количественных показателей, характеризующих скорость коррозии металла в исследуемой минерализованной среде. Оценка активности различных коррозионных сред основных нефтегазодобывающих зон Ақшабулакского нефтегазодобывающего месторождения выполнена по разработанной методике с помощью установки в профильной лаборатории университета им. Коркыт Ата. Такая коррозионная среда в получаемых продуктах – резервуарные воды, а при перегонке – «промышленные стоки».*

*Таким образом, разработанная методика оценки коррозионной активности скважинной среды является практически актуальной и может служить инструментом управления эксплуатационным ресурсом скважинного оборудования и насосно-компрессорных труб. Это позволит оценить возможность и целесообразность их использования в определенных условиях коррозионной активности скважинной среды.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** нефть и газ, защита от коррозии, кислотная среда.

## ASSESSMENT OF THE CORROSION ACTIVITY OF THE BOREHOLE MEDIUM

**P.A. TANZHARIKOV**, Candidate of technical science, professor, <https://orcid.org/0000-0002-6490-9972>

**G.B. AMANGELDIEVA**, master of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0002-9187-8104>

**A.ZH. TLEUBERGEN**, master of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0003-2103-646X>

KORKYT ATA KYZYLORDA UNIVERSITY,  
29a, Aiteke bi street, Kyzylorda, 120000, Kazakhstan

*The article presents the main types of processes that lead to changes in the chemical composition of extracted raw materials and corrosive destruction of installations during the development of oil and gas fields. It was shown that acid gas under the influence of technological systems changes the chemical composition of the raw materials produced during the development of oil and gas fields, leading to corrosive destruction of installations. The influence of different amounts of formation and fresh water (salt concentrate) and the rate of corrosion depending on the speed of movement of the medium (oxygen intake) is studied and presented as a graph. The dependence of the corrosion activity of a two-phase medium on the physico-chemical properties of hydrogen-carbon and component systems is proved by conducting an analysis.*

*The article is aimed at identifying patterns for assessing the corrosion-fatigue state of pump and compressor pipelines. In the paper, it was proposed to use a point scale to assess the corrosive properties of the medium. It is assumed that each assessment point corresponds to a known range of objectively measured quantitative indicators that characterize the rate of corrosion of a metal in the studied saline borehole medium. The assessment of the activity of various corrosive environments of the main oil and gas producing regions of the Akshabulak oil and gas field was carried out according to the developed methodology with the help of a unit in the specialized laboratory of Korkyt Ata University. Such a corrosive medium in the extracted products is reservoir water, and in distillation-"industrial flows".*

*Thus, the developed methodology for assessing the corrosive activity of the borehole medium is practically essential and is a means of managing the operational resource of well equipment and pump-compressor pipelines, which allows us to assess the possibility and feasibility of their use under certain conditions of the corrosive activity of the well environment.*

**KEY WORDS:** oil and gas, corrosion protection, acidic environment

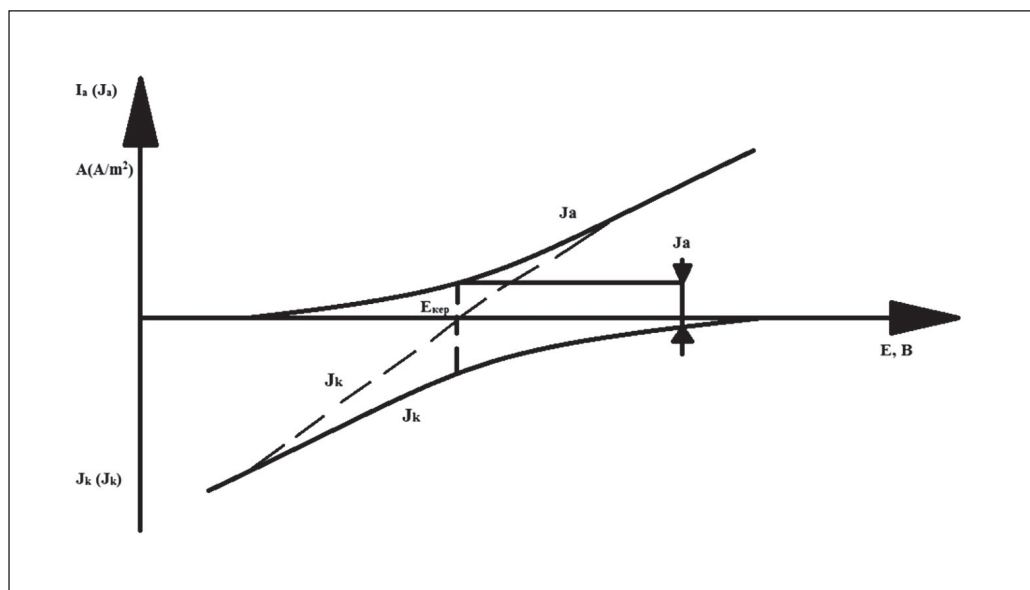
**С** ораптық және компрессорлық құбырлардың (СКК) техникалық жағдайына және қызмет ету мерзіміне әсер ететін ең көп таралған факторлар ұңғыма оқпанының коррозиялық әсері және жұмыс кезінде құбырларға әсер ететін циклдік жүктемелер болып табылады. Әдебиеттерге талдау [1-3] құбырлардың ішкі және сыртқы беттерінде коррозияның жылдамдығы мен таралуы ұңғымада әрекет ететін факторлардың жиынтығына: қозғалыс құрылымы мен режиміне газ-мұнай қоспасы; өндірілетін мұнайдың құрамы мен қасиеттері; абразивті компоненттердің болуы; ұңғыма бойындағы қысым мен температураның өзгеруі; жұмыс әдісі; ұңғыма бағандарының кернеулі күйінің деңгейі; зауыт ақауларының болуы және т.б. байланысты екенін көрсетеді. Металдардың коррозиясы – бұл металдардың сыртқы ортамен химиялық немесе электрохимиялық өзара әрекеттесуіне байланысты өздігінен жойылуы болып табылады. Металл коррозияға ұшыраған кезде оның массасының жоғалуы ғана емес, сонымен қатар механикалық беріктігінің, икемділігінің және басқа қасиеттерінің төмендеуі болады. Металл коррозиясы экономикаға айтарлықтай зиян келтіреді. Мұнай және газ өндіретін кәсіпорындардың жағдайлары үшін мұнай жабдықтары мен коммуникациясының металл коррозиясы бірқатар ерекшеліктерімен сипатталады. Біріншіден, бұл ұңғымалардың, мұнай және су тазарту қондырғыларының жерасты және жер үсті жабдықтары жүйесіне әсер етеді, бұл металды тұтыну жағынан орасан зор және мұнай құбырларының, газ құбырлары мен су құбырларының кең желісіне әсер етеді. Екіншіден, барлық жабдықтардың коррозия процесі әдетте гетерогенді жүйеде жүреді, яғни араласпайтын екі сұйықтық жүйесінде: мұнай – су, бензин – су, ағынды су – мұнай өнімдері болып табылады.

**Зерттеу әдістемесі.** Қызылорда облысындағы мұнай кен орындарындағы жиі кездесетін мәселелерге-табиғи экологиялық жағдайы мен судың тұздылығы жатады. Қабат сұйықтығында еріген минералды тұздардан да басқа, коррозиялық-агрессивті көмірсутек емес қоспалар да ( $S_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  және т.б.) әсер етеді. Құрылымдардың беткі жағындағы тұздар электрохимиялық коррозияны дамытудың күшті активаторлары екені белгілі. Бұл металдың деградациясына және массаның жоғалуына, атомдық байланыстардың пішіні мен үзілуіне әкеліп соқтырады, нәтижесінде коррозиялық жарықтар желісі дамиды, құбырлардың беріктік қасиеттері төмендейді, құбыр бойында ойықтар пайда болып, деформацияға ұшырайды, құбырлардың керілуіәсерінен, әлсіреп сына бастайды. Осылайша,сыртқы факторлардың әсерінен коррозия-шаршау әрекеті пайда болады және колонналық құбырлардың техникалық күйі күрделі жасырын дамиды, ал бұзылу белгілері анық көрінбейді. Коррозияның даму диаграммасы *1-суретте* көрсетілген.

**Зерттеу мақсаты.** Сондықтан,жұмыс сорғы мен компрессорлық құбырлардың коррозиялық-шаршау күйін бағалау заңдылықтарын анықтауға бағытталған. Өнеркәсібі дамыған елдердегі коррозиялық шығындар ұлттық кірістің оннан бір бөлігін құрайды. Коррозиядан болатын шығын оның жылдық өндірісінің 30% құрайды.

Сорғы-компрессорлық құбырлар бағанасы механикалық жүктемелерден басқа (созылу, қысу, иілу, бұралу, осьтік және көлденең тербелістер) жоғары коррозиялық белсенділікпен сипатталатын әртүрлі тұздар мен басқа да қауіпті қоспалардың (мысалы,  $H_2S$  және  $CO_2$ ) жоғары концентрациясы бар ұңғымалық немесе технологиялық ортаға әсер етеді [4].

Қабат және ағынды суларының электрөткізгіштігі жоғары болғандықтан, бұл процесс электрохимиялық коррозияның қарқынды жүруіне ықпал етеді. Сулардың өткізгіштік қасиетінің көрсеткіші 1-кестеде келтірілген.



Сурет 1 – Қышқыл ортада металдың еруінің коррозиялық диаграммасы

Кесте 1 – Әр түрлі сулардың өткізгіштік көрсеткіштері

Сулардың атауы	Көрсеткіштер мөлшері, (Ом <sup>-1</sup> – см <sup>-1</sup> )
Дистилденген су	10 <sup>-5</sup> кем
Таза су	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-3</sup>
Салқындату жүйелерінің сулары	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-2</sup>
Минералды су	10 <sup>-2</sup> астам

Алайда коррозия процесінің негізі ылғалмен байланысқан кезде темірі бар металдардың бетінде өздігінен пайда болатын электрохимиялық реакциялар болып табылады. Оның классикалық түрінде электрохимиялық коррозияның пайда болу механизмі, мысалы, [5] жұмыста ұсынылған. Коррозиялық процестердің дамуына су мен мұнай газының құрамы, сондай-ақ CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub> коррозиялық белсенді компоненттерінің, төмен молекулалы қышқылдардың және т.б. әсер етеді. (2-кесте).

Кесте 2 – Коррозиялық процестердің дамуына әсер ететін су мен мұнай газының құрамы

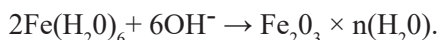
№	Сынамаларды іріктеу орны	CaCl <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	MgCl <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	NaHCO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	NaCl, мг/дм <sup>3</sup>	KCl, мг/дм <sup>3</sup>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	MgSO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Есетік минералдану, мг/дм <sup>3</sup>
1	Өнеркәсіптік ағындар	6348,06	1292,14	169,7	241,4	36920,06	-	-	-	44971,4
2	Қабаттық су	15914,53	2936,58	278,07	312,4	88564,66	-	-	-	108006
3	Коллектор (Солтүстік Ашшыйсай кен орны)	40704	6740	-	-	86440	1633	64,8	912	136493,8
4	Коллектор (Ақсай кен орны)	13786	2356	-	-	13550	77,48	182,25	134,4	30086,13
5	Коллектор (Ақшабулақ кен орны)	32548	3630	-	-	103145,68	310,66	286,74	204	140125,1
6	Сығымдау сорғы станциялары	12448,09	3940	-	-	23550	227,23	364,95	499,2	39029,47

Бұл металдық кристалдық тор құрылымының гетерогенділігі, ол жабық электр тізбегі бар гальваникалық жұптардың пайда болуының қозғаушы факторы болып табылады. Бұл жұпта Fe темір атомы катодты функцияларды орындайтын металл құрылымының гетерогенді түзілімдеріне (қоспалар, бетінің бос бөліктері, нүктелер, жаралар және т.б.) қатысты анод рөлін атқаратын күшті электропозитивті элемент болып табылады. Анод-катод буы ылғал пленкасымен жабылған кезде электр өрісінің

өздігінен пайда болуымен бірге жүретін гальваникалық әсер пайда болады, оның потенциалы Нернст теңдеуіне сәйкес:

$$E = E^0_{(\text{Fe})} - \lg Q_n \times \frac{R' \times T'}{n_3 \times F'}$$

мұндағы: E-гальваникалық жұптың потенциалы;  $E^0(\text{pC})$  – Темірдің стандартты потенциалы ( $E^0(\text{Fe}) = -0,771 \text{ В}$ );  $R'$  – әмбебап газ тұрақтысы;  $T'$  – абсолютті температура;  $n_3$  — электрохимиялық реакцияның стехиометриялық теңдеуіне кіретін электрондар саны;  $F'$  – Фарадей саны;  $Q_n$ –электрохимиялық элементтегі иондар концентрациясының қатынасы. Теңдеуден электрохимиялық процестің белсенділігі ылғал қабығындағы тұздардың концентрациясымен, электродты заттардың жеткілікті мөлшерімен және гальваникалық жұптың электрохимиялық потенциалымен анықталады. Болат коррозиясының схемасы *1 суретте* көрсетілген. [6]. Ол сонымен қатар болаттан дайындалған металдардың коррозиясының соңғы өнімі гидратталған темір оксиді болып табылады:



Алайда, осы шаралар кешеніне қарамастан, болат бұйымдарда коррозиялық зақымдардың пайда болуы мен дамуын қойдырмайды. Болаттың коррозиялық бұзылу механизмі оның атомдық-электронды деңгейде пайда болу және даму себептерін түсіндіреді, бірақ микро-макро көріністерге өту кезінде осы процестердің динамикасын сандық бағалауға мүмкіндік бермейді. Бұл коррозияға ұшырайтын өнеркәсіптік жүйелердің техникалық жай-күйін болжаудың әмбебап және біржақты теориясының болмауын түсіндіреді. Қабаттық сулары бар ұңғымаларды игеру өнімдерінің коррозиялық белсенділігі осы уақытқа дейін сан жағынан дұрыс бағаланбаған. Резервуарлардың минералдануының жоғарылауы ұңғымалық жабдықтың коррозиясын белсендіреді деп саналады, дегенмен бұл процестердің жылдамдығы белгілі емес, жалпы тұз деңгейіне пропорционалды деп алынады, мысалы болат 40ХН жасалған материал үшін судағы NaCl концентрациясының 3%-ға дейін жоғарылауымен коррозия жылдамдығы 0,12 г/м<sup>2</sup>сағ дейін артады; ал NaCl концентрациясы 3-тен 25%-ға дейін (қанықтыру шегі) ұлғайғанда, коррозия жылдамдығы 0,005 г/м<sup>2</sup>сағ (24 есе) дейін төмендейді. Бұл жағдай еріген заттардың мәнінің өзгермелілігімен түсіндіріледі. Жүйеде оттегі  $\text{O}_2$  өзгеру мәніне байлағысты болады. Егер NaCl концентрациясы 0-ден 3-ке дейін және 25% дейін ерісе  $\text{O}_2$  артқан сайын тиісінше 10 мг/дм<sup>3</sup>-тен 8,2 және 3,2 мг/дм<sup>3</sup>-ке дейін төмендейді. Сонымен қатар, қабат суының иондық құрамы коррозия жылдамдығының өзгеруіне әсер етеді. Осылайша, Са және Mg иондарының болуы әрекеттесу бетін қорғаныш карбонаты пленкамен жабу арқылы пассивтендіреді. Аниондар  $\text{OH}^- \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{SO}_4 \rightarrow \text{ClO}_4 \rightarrow \dots$  ұқсас әсер етеді, ал  $\rightarrow$  белгісі пассивтеуші аниондардың қорғаныс қабілетінің төмендеуін білдіреді.

Осы қысқаша шолудан көрініп тұрғандай, қарастырылған көрсеткіштер коллекторлық орталардың коррозиялық белсенділігін жалпылама бағалауға жарамайды. Сонымен қатар, мұндай көрсеткішті іздеу өте өзекті: бұл ұңғымалық жабдықты

ғылыми негізделген таңдауға мүмкіндік береді, соның ішінде пайдалану және лифт бағаналарына арналған шегендеу және сорғы-компрессорлық құбырлардың саны, қабат орталарының коррозиялық белсенділігіне негізделген.

Жұмыста ортаның коррозиялық қасиетін бағалау үшін балдық шкаласын қолдану ұсынылды. Әрбір бағалау нүктесі зерттелетін минералданған ортада металдың коррозияға ұшырау жылдамдығын сипаттайтын объективті өлшенген сандық көрсеткіштердің белгілі диапазонына сәйкес келеді деп болжанады. Жұмыс Қорқыт Ата университетінің инженерлік талдау зертханасында жүргізілді.

Минералданған орталардың коррозиялық белсенділігін градациялау сатыларының саны МЕМСТ 13819-68 [7] ұқсастығы бойынша қабылданды, оның ұсынымдары коррозия жылдамдығы бойынша оларды ранжирлеуге негізделген болаттардың коррозияға төзімділігін балдық бағалауға қатысты болды. Талқылауға ыңғайлы болу үшін бұл ұсыныстар 3-кесте келтірілген (3-кесте). Кестеден көріп отырғанымыздай, болаттардың коррозияға төзімділігін балдық бағалау бойынша ұсыныстар жеткілікті түрде өлшенбейді: Болаттың коррозия жылдамдығы коррозиялық ортаның химиялық құрамына байланысты және тұрақты болып қалмайды. Басқаша айтқанда, коррозияға төзімділіктің белгісі кездейсоқ және практикалық қолдануға ыңғайсыз.

**Кесте 3 – Болаттардың коррозияға төзімділігін балдық бағалау**

Коррозияға төзімділік тобы	Коррозияның терең көрсеткіші, мм / жыл	Коррозияға төзімділік балы
Тұрақсыз	<0,001	1
Аумалы	0,001... 0,005	2
	0,005...0,01	3
Төмен тұрақты	0,01...0,05	4
	0,05...0,1	5
Тұрақты	0,1...0,5	6
	0,5...1,0	7
Жоғары тұрақты	1,0...5,0	8
	5,0...10	9
Абсолютті тұрақты	>10	10

Болат материалдардың коррозияға төзімділігін балдық бағалаудың практикалық пайдалылығы, егер контактілі коррозиялық ортаның коррозиялық белсенділігі анықталса, сөзсіз артады, яғни қолдануға жататын СКҚ болаттары мен ұнғыма орталарының коррозиялық үйлесімділігі негізінде пайдалы болады. Осыған байланысты минералданған ортаның коррозиялық белсенділігін бағалаудың 10 балдық шкаласы ұсынылады. Сонымен бірге минералданған ортаны анықтауға төмендегідей шкала келтірілген:

- шартты коррозия жылдамдығы <0,001 мм/жылына аспаса, 1 есептік баллмен агрессивті емес (АЕ);
- егер коррозияның шартты жылдамдығы >0,001 болса, 2 немесе 3 бағалау балымен төмен агрессивті (ТА).0,005 немесе >0,005.Тиісінше 0,01 мм/жыл;
- коррозияның шартты жылдамдығы >0,01 кезінде 4 немесе 5 бағалау балымен төмен-агрессивті (ТА)...0,05 немесе >0,05.Тиісінше 0, 1 мм/жыл;

- бағалау балы 6 немесе 7 агрессивті (А) және коррозияның шартты жылдамдығы  $>0,1...0,5$  немесе  $>0,5$ . Тиісінше жылына 1,0 мм/жыл;

- жоғары агрессивті (ЖА) 8 немесе 9 балл және шартты коррозия жылдамдығы  $>1,0...5,0$  немесе  $>5,0$ . тиісінше 10 мм/жыл;

- бағалау балы 10 және шартты коррозия жылдамдығы  $>10$  мм/жылына толығымен агрессивті (Тол.А);

Минералданған ортаның коррозиялық белсенділік шкаласы 4 кестеде келтірілген.

**Кесте 4 – Минералданған ортаның коррозиялық белсенділік шкаласы**

Коррозиялық топ белсенділігі	Коррозияның шартты жылдамдығы $v$ , мм/жыл	Коррозиялық балл белсенділігі	Коррозиялық топ белсенділігі	Коррозияның шартты жылдамдығы $v$ , мм/жыл	Коррозиялық балл белсенділігі
Агрессивті емес (АЕ)	$>0.001$	1	Төмен-агрессивті (ПА)	$>0.1...0.5$	6
				$>0.5...1.0$	7
Төмен агрессивті (ТА)	$>0.001...0.005$	2	Өте агрессивті (ВА)	$>1.0...5.0$	8
	$>0.005...0.01$	3		$>5.0...10$	9
Жоғары((ЖА) Және толық агрессивті (Тол.А)	$>0.01...0.05$	4	Толығымен агрессивті (СА)	$>10$	10
	$>0.05...0.1$	5			

Сондай-ақ, минералданған ортаның коррозиялық белсенділігін бағалау олардың мәндерін абсолютті емес, коррозияның шартты жылдамдығы бойынша саралау жағдайында ғана жақсы болатындығын ескеру қажет. Бұл жағдайда шарттыиндикатор белгілі бір анықтамалық таңдалған электродтың әртүрлі минералданған ортада еру жылдамдығын қабылдау ұсынылады.

Ақшабұлақ мұнай-газ кен орнының негізгі мұнай-газ өндіретін аймақтарының әртүрлі коррозиялық орталарының белсенділігін бағалау дайындалған әдістеме бойынша Қорқыт Ата университетінің бейінді зертханасындағы қондырғының көмегімен орындалды. Алынатын өнімдердегі мұндай коррозиялық орта-бұл резервуарлық сулар, ал айдау кезінде "өнеркәсіптік ағындар" қолданылады. Зерттеу үшін іріктелген сынамалардың химиялық құрамы, сондай-ақ зерттелген ортаның минералдануына ( $v=f(C)$ ) және рН ( $v=f(pH)$ ) параметріне байланысты коррозияның шартты жылдамдығын өлшеу нәтижелері 5-кестеде келтірілген. Тәуелділікті талдау кезінде ( $v=f(C)$ ) (2-сурет) оның кемінде екі экстремумы бар екендігі анықталды: бұл ретте функцияның максимумы  $C=50$  г/дм<sup>3</sup> нүктесіне жақын аралықта анықталған бірақ та эксперимент жүзінде функцияның минимум мәндері анықталмады сондықтан зерттеліп отырған тәуелділіктің  $C=75...130$  г/дм<sup>3</sup> аралығындағы сипаттамасы анықталмаған болып табылады.

Осы белгісіздікті жанама нақтылау үшін 4-суретте көрсетілген  $v=f(pH)$  графикалық тәуелділігі құрылды. Мұнда графиктің сол жақ тармағы минералданған



ортадағы, 20 болат үшін орындалған, 5-кестеде келтірілген зерттеулер нәтижелері бойынша құрылған. Ал оң жақ тармағы [9] әдістемені пайдалана отырып салынған, сондай-ақ модельдік ерітінділерде (дистилденген су + 0,01 N натрий гидрокарбонаты ерітіндісі NaHCO<sub>3</sub>) 20 болат үшін алынған. Графиктің осы екі тармағын сандық салыстыру толығымен дұрыс емес, бірақ бұл жағдайда сапалық тенденция маңызды болғандықтан, бейтарап рН=6,0...7.0 диапазонында коррозия жылдамдығының векторының бағыты төмендеуден өсімге қарай өзгертеді. Бұл жағдайда біріктірілген тәуелділік кубтық көпмүшелікпен жуықталады:

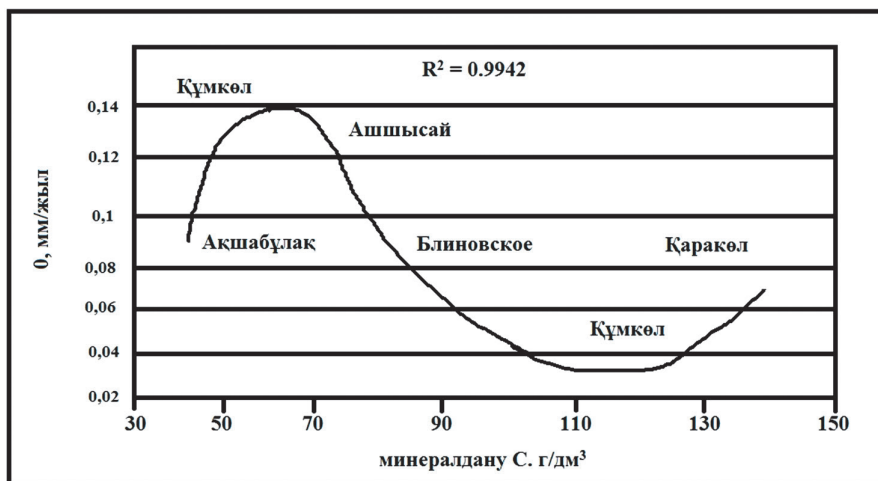
$$v=0,0058C^3 - 0,0808C^2 + 0,3144C - 0,1997, \text{ мм/жыл.}$$

**Кесте 5 – Коррозияның салыстырмалы жылдамдығы және минералданған ортаның иондық құрамы**

№	Минералданған орталардың сынамаларын алу орны	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	СГ, мг/л	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/л	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	рН	Минералдануы, г/дм <sup>3</sup>	Коррозияның шартты жылдамдығы, d, мм/жыл
1	Ашшысай мұнай кен орны	48,8	730,4	79885	34803	12700	1884,8	6,3	129,2	0,0462
2	Блиновское кен орны	216,3	163,3	86391,8	40715,8	11800	958	140,3	140,3	0,071
3	Ақшабұлақ кен орны	274,5	400	22365	9380,2	2900	1094,4	36,4	36,4	0,0856
4	Құмқөл кен орны	137,3	107,7	301496	5368,5	5013,2	622	48,7	48,7	0,1402
5	Қаракөл кен орны	118,58	123,85	38877,7	20641,11	3370,36	439,8	63,6	63,6	0,1212
6	Кәсіпшілік ағындар	208,82	275,88	46497,16	24890,91	3875,37	557,85	76,3	76,3	0,0946

Бұл тәуелділікті минимумға зерттей отырып, коррозия жылдамдығының минималды мәні  $v = 0,023$  мм/жыл бейтарап ортаның рН = 6,5 мәніне сәйкес келетіні анықталды. Минимумның осы нүктесі оның диаграммада бірегейлігін көрсетеді. Біз бұл мүмкіндікті 2 суреттегі диаграммада оның орналасқан жерінің координаттарын анықтау үшін қолданамыз. Әрине, координаттардың бірі ординаты  $v = 0,023$  мм/жыл нүктесінде өтетін сызыққа орналастырылуы керек. Екінші координат функцияның минимумында қажетті нүктенің жалғыз болу жағдайына сүйене отырып,  $C = 110$  г/см<sup>3</sup> нүктесіне жақын орналасуы керек. Бұл нүкте 2 суреттегі графикте "жұлдызша" түрінде көрсетілген.

Коррозияға үйлесімділік біздің ұсынылған 6-кестеде келтірілген ұңғыма оқпанындағы сұйықтықтардың коррозияға қабілеттілігінің баллдары мен болаттың



Сурет 2 – модельдік минералдық коррозиялық орталардағы коррозияның шартты жылдамдығының өзгеруі: о – өлшенген мәндер, мм/жыл; \* - жуықтап алынған мәндер, мм/жыл

коррозияға төзімділігі арасындағы сәйкестікті анықтау арқылы анықталады, оның баллдары МЕСТ 13819-68 бойынша ұсынылған. Осы кестенің сол жағында біз ұсынған минералданған ортаның коррозиялық белсенділігінің шкаласы 4-кестеде келтірілген, онда коррозиялық белсенділік топтарының сипаттамасы, оларға сәйкес келетін коррозияның салыстырмалы жылдамдығы және олардың баллдары көрсетілген. Кестенің оң жағы МЕСТ 13819-68 және МЕСТ 9.911-89 [8] бойынша болаттардың коррозияға төзімділігінің кері шкаласы, сипаттамасын қоса алғандағы болаттардың коррозияға төзімділік топтары, олар үшін белгіленген коррозия жылдамдығының диапазондары және балл мәндері көрсетілген. Коррозияға төзімділік топтарын орналастырудың кері реті қарапайым логикамен түсіндіріледі: агрессивті емес (АЕ) су орталары тобына (1 балл) коррозияға төзімді емес болаттар тобына жататын болат (10 балл), ал топқа мүлдем сәйкес келуі тиіс агрессивті (А) су орталары (10 балл) 1 бағалау балымен өте тұрақты (С) тобына жататын болатқа сәйкес келуі тиіс. 6. кестені қалыптастырудың мұндай құрылымы оны болаттардың коррозияға төзімділігімен ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігінің үйлесімділігін анықтаушыға айналдырады. Мысалы, аз агрессивті (АА) ұңғымалық минералданған орта үшін (бағалау балы 3) бағалау балы 8 – ден кем емес, төмен төзімді топқа жататын болаттан жасалған ұңғымалық жабдықты пайдалану ұтымды болып табылады, бұл "баға-сапа" критерийі бойынша оңтайлы арақатынасты қамтамасыз етеді. Ұсынылған жіктеу әдісі 6-кестеде жинақталған зерттеулердің нәтижелерінен практикалық ұсыныстар жиынтығын алуға мүмкіндік береді. Мысалы, Ақшабұлақ мұнай кен орнының ұңғымалық ортасын зерттеу нәтижелерін қарастырайық (3-жол).

Баллдық бағалауы бар статикалық ұңғымалық ортада ұңғыманы ұзақ мерзімге (20-30 жыл) консервациялау жағдайы үшін – коррозиялық белсенділігі 4-ке тең болат сорапты-компрессорлық құбырлар мен ұңғымалық жабдықтар тарттануға төзімділігі бойынша төмен төзімді тобына бағалауы 7 баллдан-ден кем емес.

Кесте 6 – Тоттану белсенділігінің үйлесімділігін анықтаушы болаттардың тоттануға төзімділігі бар ұңғымалық орталар


Минералды орта		Болаттар			
Белсенді коррозиялық топ	Коррозияның шартты жылдамдығы $V_3, \text{мм/жыл}$	Коррозия баллдары		Коррозия жылдамдығы $V_3, \text{мм/жыл}$	Коррозиялық Тұрақтылық тобы
		белсенділік	тұрақтылық		
Агрессивті емес (АЕ)	<0,001	1	10	>10	Тұрақты
Нашар агрессивті (НА)	0,001...0,005	2	9	10...5,0	Нашар төзімділікті
	0,005...0,01	3	8	5,0...1,0	
Төмен агрессивті (ТА)	0,01...0,05	4	7	1,0...0,5	Төмен төзімділікті
	0,05...0,1	5	6	0,5...0,05	
Агрессивті (А)	0,1...5,0	6	5	0,1...0,05	Тұрақты
	0,5...1,0	7	4	0,05...0,005	
Жоғары агрессивті (ЖА)	1,0...5,0	8	3	0,01...0,005	Жоғары тұрақты
	5,0...10	9	2	0,005...0,001	
Толығымен агрессивті (Тол.А)	>10	10	1	<0,001	Толығымен тұрақты

Қолданыстағы ұңғыманың жағдайы үшін ұңғымалық ортаның коррозиялық агрессивтілігі 5 баллға дейін артады және бұл жағдайда СКҚ және ұңғымалық жабдықтың металы баллдық бағасы 6-дан кем емес төмен төзімді болаттар тобына сәйкес келуі керек. Осындай қорытындылар статикалық режимде жұмыс істейтін (бағалау балы 5) немесе оған жақын жердегі жабдық үшін (мысалы, тұндырғыш резервуарлар немесе сақтауға арналған резервуарлар) қолданылады.

Алайда, динамикалық режимде жұмыс істейтін жер үсті жабдықтары үшін (мысалы, ұңғымалық ортаны айдауға арналған манифольд) коррозиялық белсенділіктің бағалау балы 7-ге дейін артады; сондықтан осы жұмыс жағдайлары үшін металл 4-тен кем емес баллдық бағасы бар тұрақты санатына жатқызылуы тиіс.

**Қорытынды.** Осындай қорытындылар 5 кестеде келтірілген басқа мұнай кен орындарын зерттеуді талдау кезінде алынды. Ұңғымалық ортаның тоттану белсенділігінің болаттардың тоттануға төзімділігімен үйлесімділігін анықтаушы басқа қолданбалы есептерді шешуге мүмкіндік береді. Мысалы, СКҚ жөндеуден кейін олардың коррозияға төзімділік тобы орнатылды, ол 6 баллмен бағаланды. 6-кестеден біз болат коррозиялық белсенділігі 5-тен аспайтын ұңғымалық ортада ұтымды пайдаланылатын төмен төзімді тобына жататынын анықтаймыз.

Осылайша, ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігін бағалаудың әзірленген әдістемесі іс жүзінде маңызды болып табылады және ұңғымалық жабдықтар

мен сорапты-компрессорлық құбырлардың пайдалану ресурсын басқару құралы болып табылады, бұл оларды ұнғымалық ортаның коррозиялық белсенділігінің белгілі бір жағдайларында пайдалану мүмкіндігі мен орындылығын бағалауға мүмкіндік береді. 

## ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Макаренко В.Д. и др. Безопасный ресурс нефтяных металлоконструкций. – Нижневартовск: НГТУ, 2009. – 190 с. [Makarenko V.D. i dr. Bezopasny`j resurs neftyany`kh metallokonstrukcij. – Nizhnevartovsk: NGTU, 2009. – 190 с.]
- 2 Муштаев В.И. Повторная оценка остаточного ресурса оборудования // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2004. – №6. – С. 37-39. [Mushtaev V.I. Povtornaya ocenka ostatochnogo resursa oborudovaniya // Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. – 2004. – 6. – С. 37-39.]
- 3 Оценка прочностного ресурса газопроводных труб с коррозионными повреждениями / под ред. Ю.И. Быкова. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 168 с. [Ocenka prochnostnogo resursa gazoprovodny`kh trub s korrozionny`mi povrezhdeniyami / pod red. Yu.I. By`kova. – М.: CzentrLitNefteGaz, 2008. – 168 с.]
- 4 МР 1967-2007. Методика определения численных значений скоростей коррозии трубных сталей. –Ухта.: ООО «ВНИИГАЗ», 2007. – 46 с. [MR 1967-2007. Metodika opredeleniya chislenny`kh znachenij skorostej korrozii trubny`kh stalej. –Ukhta.: ООО «VNIIGAZ», 2007. – 46 s.]
- 5 Таңжарықов П.А., Өткелбай Б.А. Минералды ортадағы сораптық компрессорлық құбырларды коррозиядан қорғау әдістерін жетілдіру / Энерго и ресурсосберегающие технологии:опыты и перспективы.III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары .- Қызылорда, 2021. – Б. 517-523.
- 6 Таңжарықов П.А., Төлеген А.Е., Кабыл С.Б. Влияние внешних факторов на коррозионное разрушение оборудования нефти и газа // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникация им. М.Тынышбаева . – 2018. – №1(104). – С. 57-65. [Таңжарықов П.А., Төлеген А.Е., Кабыл С.Б. Vliyanie vneshnih faktorov na korrozionnoe razrushenie oborudovaniya nefti i gaza // Vestnik Kazahskoj akademii transporta i kommunikaciya im. M.Tynyshbaeva . – 2018. – №1(104). – С. 57-65.]
- 7 Таңжарықов П.А.,Ержанова А.Т.,Кабыл С.Б. Мұнай жабдықтарының коррозиялық бұзылуын анықтау // Вестник ПГУ. – 2018. – №2. – С. 80-87.
- 8 Таңжарықов П.А., Амангельдиева Г.Б., Кабыл С.Б. Сұйық мұнайлы эмульсияны тасымалдайтын құбырларды пайдалану кезіндегі коррозия жылдамдығын анықтау // Вестник ПГУ. – 2018. – № 4. – С. 89-96.
- 9 Таңжарықов П.Ә., Амангельдиева Г.Б., Сейілбекова Ж.С. Мұнай-газ өнеркәсібі жабдықтарын коррозиялық бұзылудан қорғау // Вестник национальной академии горных наук. – 2018. – №4 (5). – С. 47-52. [Таңжарықов П.Ә., Амangel'dieva Г.Б., Sejilbekova Zh.S. Mұnaj-gaz өнеркәсіби zhabdyqtaryn korroziyaluқ bұzyludan qorғau // Vestnik nacional'noj akademii gornyh nauk. – 2018. – №4 (5). – С. 47-52.]
- 10 Таңжарықов П.Ә., Амангельдиева Г.Б. Мұнай жабдықтарының коррозиялық зақымдануын ингибиторлар арқылы төмендету // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің хабаршысы. – 2019. – №2(49). – С. 73-80.
- 11 Таңжарықов П.А., Сарабекова Ұ.Ж., Төлеген А.Е. Мұнай және газ өндірісіндегі тәуекелді бағалау // Нефть и газ. – 2021. – №1(121). – С. 95-107
- 12 Таңжарықов П.А., Денесов Ә.Т. Ортадан тепкіш сорғыларды жетілдіру үшін газ сепараторларын қолдану // Нефть и газ. – 2021. – №1(121). – С. 42-51.