

# БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

УДК 622.243.2

## КОРОЗІЙНО-ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ КАБЕЛІВ У СЕРЕДОВИЩІ БУРОВОГО РОЗЧИНУ

<sup>1</sup> В.В.Гладун, <sup>1</sup> В.М.Івасів, <sup>2</sup> О.С.Калахан, <sup>1</sup> В.В.Гриців

<sup>1</sup> ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40089  
e-mail: ndingt@nung.edu.ua

<sup>2</sup> Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, 79601, м. Львів, вул. Наукова, 5,  
e-mail: kalakh@ipm.lviv.ua

*Розроблено методику корозійно-електрохімічних досліджень геофізичних кабелів в середовищі бурового розчину. Проведено експериментальні випробування на корозійну тривкість дротинок обплетення геофізичного кабелю КГ-1-27-150 без та із змащенням машинним маслом. Встановлено, що при анодній поляризації в буровому розчині більш захищеною є поверхня сталі, змащена машинним маслом.*

Ключові слова: геофізичні кабелі, корозійно-електрохімічні дослідження, буровий розчин.

*Разработана методика коррозионно-электрохимических исследований геофизических кабелей в среде бурового раствора. Проведены экспериментальные испытания коррозионной стойкости нитей геофизического кабеля КГ-1-27-150 без и со смазыванием машинным маслом. Установлено, что при анодной поляризации в буровом растворе более защищенной является поверхность стали смазанная машинным маслом.*

Ключевые слова: геофизические кабеля, коррозионно-электрохимические исследования, буровой раствор.

*Method of corrosion-electrochemical studies of geophysical cables in the environment of drilling mud is developed. Experimental tests on corrosion resistance of threads geophysical cable KG-1-27-150 without and with lubrication with machine oil are done. Established that the anodic polarization in the drilling fluid is a more secure surface were lubricated with machine oil.*

Keywords: Geophysical cable, corrosion-electrochemical studies, drilling mud

Практика проведення геофізичних робіт свідчить, що значна кількість аварій відбувається внаслідок корозійно-втомних руйнувань геофізичних кабелів [1, 2, 3]. Такі аварії пов'язані не тільки зі значними матеріальними збитками, але й за несприятливих обставин можуть призвести до повної ліквідації свердловин. Незважаючи на досить велику кількість досліджень щодо їх надійності [4-8], у літературі немає відомостей про їх корозійно-електрохімічну поведінку у середовищі бурового розчину. Тому, значний науковий і практичний інтерес має розробка методики корозійно-електрохімічних досліджень геофізичних кабелів, що і є метою нашої роботи.

Середовище, в якому знаходиться геофізичне обладнання, суттєво впливає на його довговічність. Взаємодія системи «сплав-середовище» викликає переродження поверхні, зміну її хімічного складу та структури зовнішнього шару

сплаву. Такі процеси успішно вивчають електрохімічними методами [9-12].

### Матеріали та методики досліджень

Дослідження проведено на дротинках канату зі сталі 60, хімічний склад якої подано в табл. 1.

Корозійно-електрохімічні дослідження дротинок обплетення геофізичного кабелю КГ-1-27-150 без і з плівкою машинного масла на поверхні зразка здійснено за кімнатної температури потенціодинамічним методом шляхом їх витримування у середовищі бурового розчину протягом 100 діб. Основним інгредієнтом бурового розчину є спеціальні глини – бетоніти та полімери. Крім цього використовуються хімічні добавки (формальдегіди, вапно, гідразид натрію, барити (важкий шпат)) для покращення

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 60, % (ГОСТ 1050-88)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
			Не більше					
0,57...0,65	0,17...0,37	0,5...0,8	0,25	0,04	0,35	0,25	0,25	0,08

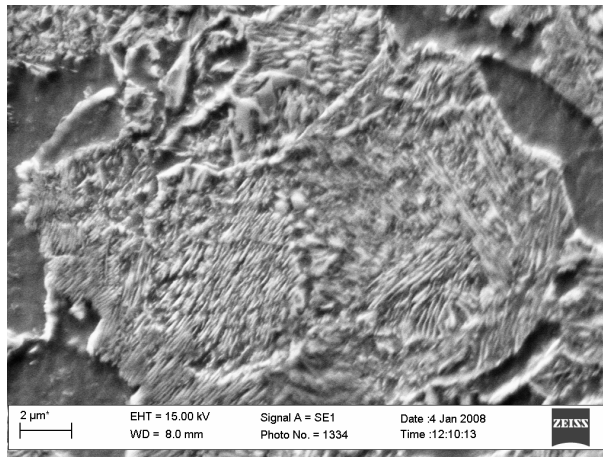
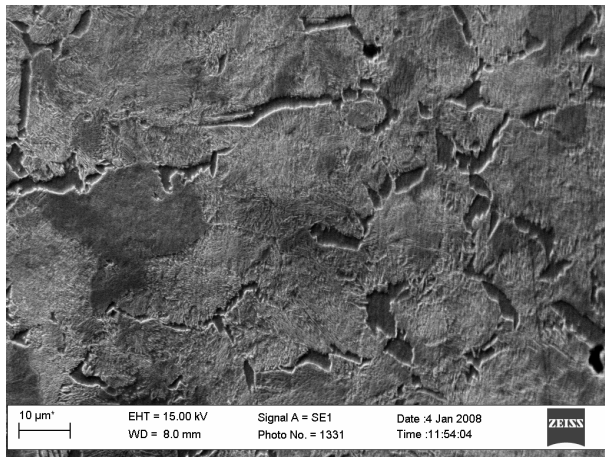


Рисунок 1 – Структура сталі 60

хімічного складу води, попередження налипання ґрунту на буровий інструмент та штанги.

Поляризацію здійснювали за допомогою системи СВА-1Б-М; вольтамперограми реструктурували двокоординатним самописцем НЗ07/1. Площа робочого електроду складала 1,33 мм<sup>2</sup>. Допоміжний платиновий електрод встановлювали в боковий резервуар, відокремлений від центрального скляним фільтром. Як електрод порівняння використовували насичений хлорид-срібляний електрод. Капіляр Луггіна-Габера та додатковий резервуар наповнювали досліджуванним розчином. Потенціодинамічні дослідження сталі 60 проведено за температури 293 ± 2 К та швидкості розгортки потенціалу 2 мВ/с. Область досліджених потенціалів – від -1,5 до 1 В.

Металографічні дослідження структури сталі проведено на сканувальному електронному мікроскопі „ZEISS EVO-40XVP”.

### Результати експериментів і обговорення

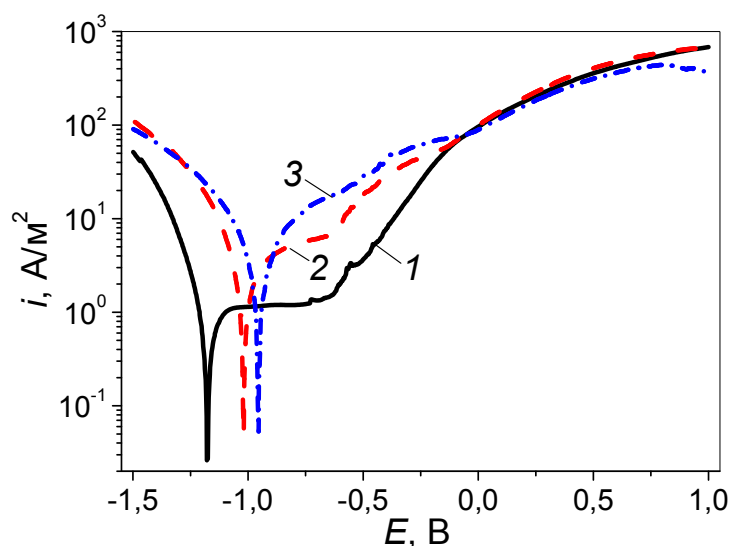
Досліджувана сталь 60 (рис. 1) належить до конструкційних, вуглецевих, якісних і використовується для виготовлення виробів, до яких висуваються вимоги високої міцності та зносостійкості.

Структура і властивості таких нелегованих сталей, насамперед, визначається вмістом у них вуглецю [8]. Вплив решти домішок - марганцю, кремнію, фосфору та сірки за їх вмісту не більше 0,6...0,8%, 0,30...0,35%, 0,04% та 0,02% відповідно – не суттєвий. За більшого вмісту Mn, S, P ці домішки впливають на механічну міцність.

Корозійна стійкість конструкційних, вуглецевих якісних сталей [13] залежить, здебільшого, від вмісту сірки, яка викликає міжкристалічну корозію внаслідок утворення з залізом і марганцем сульфідів, що викристалізуються границями зерен. За нормального вмісту домішок міжкристалічна корозія для вуглецевих сталей не характерна. Мідь покращує корозійну тривкість вуглецевих сталей. За вмісту міді до 0,5% сталі достатньо стійкі на повітрі та в лужних розчинах.

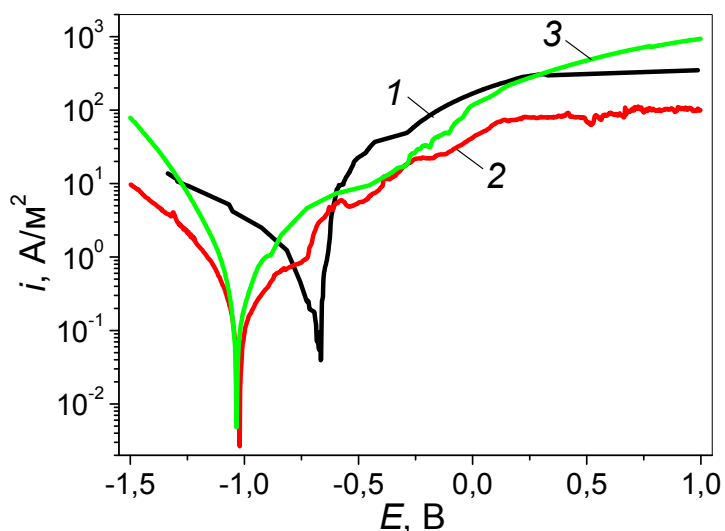
Характер вольтамперограм на сталі 60 у буровому розчині суттєво залежить як від часу витримування матеріалу в середовищі, так і від наявності на поверхні зразка плівки машинного масла (рис. 2–3).

Виявлено різну анодну поведінку сталі 60 у середовищі бурового розчину (рис. 2), залежно від часу витримування зразка. В початковий момент корозійного процесу (крива 1) на анодній потенціодинамічній кривій спостерігається область пасивного стану сталі в діапазоні потенціалів від -1,1 до -0,3 В протяжністю 0,8 В. За подальшої анодної поляризації сталі 60 на кривій електророзчинення спостерігається утворення значної ділянки граничного анодного струму розчинення. Ось декілька причин появи граничного струму. Граничний струм може виникнути в наслідок окремого випадку пасивності – відкладення пухких твердих продуктів розчинення металу: малорозчинних солей або гідроксидів металу, що гальмують анодний процес. Поява граничного струму можлива через гальмування доставлення аніонів до поверхні металу, що розчиняється, якщо вони, вступаючи у взаємодію з поверхневими малорозчинними новоутвореннями, сприяють утворен-



1 – 0 діб; 2 – 75 діб; 3 – 100 діб

Рисунок 2 – Потенціодинамічні поляризаційні криві сталі 60 після різного часу витримування в буровому розчині



1 – 0 діб; 2 – 75 діб; 3 – 100 діб

Рисунок 3 – Потенціодинамічні поляризаційні криві сталі 60 із плівкою машинного масла на поверхні після витримування в буровому розчині

ню добре розчинних продуктів – комплексів. Зауважимо, що збільшення часу перебігу корозійного процесу (витримування зразка) в буровому розчині (криві 2, 3), призводить до зникнення області пасивності. На сталі виявляються тільки граничні струми анодного розчинення.

Наявність плівки машинного масла на поверхні зразка суттєво змінює анодну поведінку сталі 60 вже в початковий момент перебігу корозійного процесу (рис. 3). Вольтамперограма втрачає хвилеподібний характер, зникає область пасивності та виявляються лише граничні струми анодного розчинення сталі. На потенціодинамічних кривих рис. 2–3 чітко простежується область Тафелевих прямих, нахил яких дещо змінюється зі зміною хімічного складу корозивних середовищ.

Значення потенціалів корозії ( $E_{кор}$ ), струмів корозії ( $i_{кор}$ ) сталі 60 в буровому розчині без і за наявності плівки машинного масла на поверхні, а також величини коефіцієнтів Тафеля подано в табл. 2.

Аналіз отриманих даних засвідчив, що потенціал корозії сталі в досліджених середовищах має значні від'ємні значення, «ошляхетнюється» зі збільшенням часу витримування зразка в буровому розчині та зміщується в область від'ємніших значень за наявності плівки масла на поверхні (табл. 2). Нанесення плівки машинного масла на поверхню сталі суттєво впливає на корозійні процеси, сповільнюючи їх. Струми корозії зменшуються порівняно зі сталлю без плівки майже в 4 рази у початковий момент перебігу корозійного процесу і в 1,4 та

Таблиця 2 – Зміна електрохімічних характеристик сталі 60 у буровому розчині за температури 293 К протягом 100 діб витримування

Показники	Середовище					
	буровий розчин			буровий розчин + масло		
	0 діб	75 діб	100 діб	0 діб	75 діб	100 діб
$E_{кор}$ , В	-1,170	-1,018	-0,956	-0,680	-1,025	-1,038
$i_{кор}$ , мА/м <sup>2</sup>	511,0	42,3	63,7	144,0	30,0	53,3
$b_k$	0,112	0,047	0,052	–	0,040	0,031
$b_a$	0,236	0,050	0,063	–	0,052	0,064

в 1,2 рази після 75 та 100 діб витримування в середовищі бурового розчину відповідно. Згідно з густинами струмів корозії корозійна тривкість сталі знижується в досліджених середовищах у такому порядку: буровий розчин + машинне масло; буровий розчин. Отже, менш корозійно-тривкою у буровому розчині є незахищена машинним маслом сталь (рис. 2, табл. 2).

Порівняння експериментальних даних засвідчило також, що і при анодній поляризації в буровому розчині більш захищеною є поверхня сталі, змащена машинним маслом. Плівка на поверхні за анодних потенціалів понад 0,5 В зменшує на порядок анодні струми.

### Література

1 Керимов З.Г. Экспериментальное исследование перемещения кабель-каната в наклонных скважинах / Керимов З.Г., Ибрагимов И.Х. // АНХ. – 1976. – № 8. – С. 23.

2 Ричард Л. Кинчело. Проблемы исследования сверхглубоких скважин / Ричард Л. Кинчело и др. // Инженер-нефтяник. – 1972. – № 7-8. – С. 16-18.

3 Сергеев С.Т. Экспериментальное определение усилий в элементах набегающего на блок каната / Сергеев С.Т., Похольченко А.С. // Стальные канаты. – К.: Техніка, 1966. – Вып. 3. – С. 197-201.

4 Глушко М.Ф. Расчет канатов, работающих на блоках, по предельному состоянию / Глушко М.Ф., Сергеев С.Т. // Стальные канаты. – К.: Техніка, 1966. – Вып. 3. – С. 226-230.

5 Шахназарян Э.А. Влияние гидростатического давления в буровой скважине на напряженное состояние бронированного кабеля / Шахназарян Э.А. // Стальные канаты. – К.: Техніка, 1965. – № 2. – С. 155-161.

6 Мамаев Л.М. Исследование напряжений в кабель-канатах с учетом температурного воздействия: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Одесса, 1969. – 18 с.

7 Шахназарян Э.А. Деформации и напряжения бронированных каротажных кабелей при их совместном растяжении и кручении / Шахназарян Э.А. // Стальные канаты. – К.: Техніка, 1966. – Вып. 3. – С. 162-171.

8 Шахназарян Э.А. К вопросу конструирования бронированных каротажных кабелей / Шахназарян Э.А. – К.: Техніка, 1968. – Вып. 5. – С. 153-162.

9 Маттсонн Э. Электрохимическая коррозия / Э. Маттсонн [пер. со шведск.]. – М.: Металлургия, 1991. – 158 с.

10 Фрейман Л.И. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Фрейман Л.И., Макаров В.В., Брыскин И.Е. – Л.: Химия, 1972. – 232 с.

11 Похмурський В.І. Методи корозійних досліджень. Електродні потенціали металів / В.І.Похмурський, О.С.Калахан // Методичні вказівки до лабораторних робіт. – Львів: Наукове товариство ім. Шевченка, 2002. – 12 с.

12 Похмурський В.І. Методи корозійних досліджень. Поляризація та швидкість корозії / В.І.Похмурський, О.С.Калахан // Методичні вказівки до лабораторних робіт. – Львів: Наукове товариство ім. Шевченка, 2002. – 13 с.

13 Воробьева Г.Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. Изд. 2-е пер. и доп. – М.: Химия, 1975. – 816 с.

Стаття поступила в редакційну колегію  
20.10.09

Рекомендована до друку професором  
**Б. В. Конєєм**