

УДК 620.197

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Н.Г. Кац<sup>1</sup>, С.В. Васильев<sup>1</sup>, Д.С. Калинкина<sup>2</sup>, Д.В. Коноваленко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

<sup>2</sup> АО «Гипровостокнефть»  
Россия, г. Самара, ул. Красноармейская, 93

*Рассмотрены вопросы электрохимического исследования стальных металлических поверхностей и магниевых сплавов, используемых в качестве протекторов. Для проведения исследований использовались потенциостаты марок П5827М и IPC-prO. Представлены поляризационные характеристики стальных поверхностей и магниевых протекторных сплавов, используемых для защиты нефтяных резервуаров от коррозионного разрушения. Показано, что стальная пластина, из которой сделано днище резервуара, и магниевый сплав, служащий для защиты днища от коррозионного разрушения, имеют похожие коррозионные характеристики при высоком содержании солей в подтоварных водах.*

**Ключевые слова:** *потенциостат, протекторная защита, стальное днище, магниевый протектор, поляризационные кривые.*

Нефтяные месторождения содержат промысловые воды с различными свойствами, такими как ионно-солевой состав, минерализация, *pH* и щелочность.

Основными составляющими ионного состава подтоварных вод являются  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  и  $HCO_3^-$  [1]. В зависимости от соотношения ионов подтоварные воды всех месторождений можно разделить в соответствии с классификацией автора работы [2] на четыре типа:

- сульфатонатриевые;
- гидрокарбонатнатриевые;
- хлормагниевые;
- хлоркальциевые.

В табл. 1 приведено усредненное содержание различных ионов и минерализация вод по всем месторождениям, относящимся к данному производственному объединению [2].

Как видно из таблицы, минерализация подтоварных вод различна, но в целом можно считать, что она находится в пределах от 2,0 до 350 г/л. Поэтому для проведения исследований были приготовлены модельные растворы, содержащие основные соли, растворенные в одном литре дистиллированной воды, состоящие из компонентов  $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $CaSO_4$ ,  $NaHCO_3$ . Минерализация солей в модельном растворе составляла 5, 30, 80 и 200 г/л.

---

*Николай Григорьевич Кац (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».*

*Сергей Владимирович Васильев, ведущий инженер.*

*Дарья Сергеевна Калинкина, инженер I-й категории.*

*Денис Владимирович Коноваленко, старший преподаватель кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».*

С помощью данного раствора были проведены потенциостатические исследования по определению поляризационных кривых. В качестве рабочего электрода использовались стальные пластины (Ст. 3) и образцы из магниевых протекторных сплавов типа ПРМ-20 размером 10×10 мм следующего химического состава (табл. 2) [2].

Таблица 1

**Среднее значение состава подтоварных вод по различным производственным объединениям добычи нефти\***

Объект	Ионный состав воды, моль/л				S, г/л	pH
	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		
Азнефть	41,2	2,0	0,9	4,6	2,8	8,0
	36,6	2,8	39,7			
Белоруснефть	2630,5	2782,0	10,8	4,5	337,9	6,7
		506,4	6055,8			
Бугурусланнефть	2808,1	402,6	25,5	3,9	200,6	7,1
		184,3	3470,3			
Бузулукнефть	3443,5	386,8	22,4	2,2	222,4	6,7
		161,4	3733,1			
Главтюменьнефтегаз	289,2	37,1	0,2	14,0	18,1	7,0
	331,0	5,7	322,3			
Каспморнефть	36,4	4,0	5,6	3,2	2,3	7,6
	31,7	1,7	25,1			
Киргизнефть	900,0	101,0	25,5	4,9	38,4	7,8
		59,9	670,2			

\* В таблице буквой S обозначена общая минерализация.

Таблица 2

**Химический состав магниевого протектора ПРМ-20**

Mg	Fe	Ni	Si	Al	Ti	Mn	Zn	Cu
Основа	0,006	0,0024	0,017	5,7	0,001	0,23	2,7	0,0013
Основа	0,008	0,0008	0,008	5,8	0,001	0,17	2,5	0,0017

Поляризационные исследования проводились с использованием потенциостата П5827М и более современного прибора марки IPC-Pro. Принципиальная схема, поясняющая принцип работы потенциостата, показана на рис. 1.

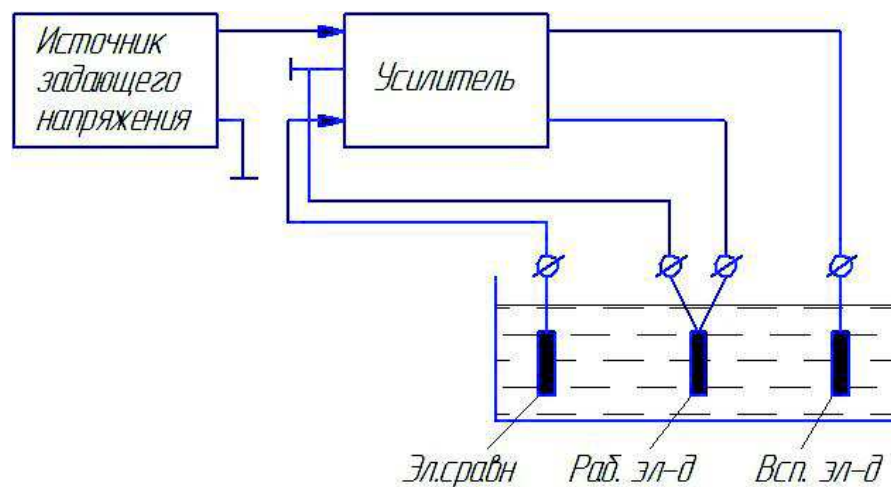


Рис. 1. Принципиальная схема потенциостатирования

На один вход усилителя подается задающее напряжение, а на другой – разность потенциалов между электродом сравнения и рабочим электродом. Входные напряжения в усилителе сравниваются, и полученная разность управляет выходным током усилителя, поляризующим рабочий электрод до потенциала, установленного на источнике заданного напряжения.

Потенциостат состоит из шести функционально связанных блоков, работающих совместно с электрохимической ячейкой и миллиамперметрами.

На рис. 2 и 3 представлены поляризационные кривые для стальных и магниевых сплавов в модельных растворах различной концентрации.

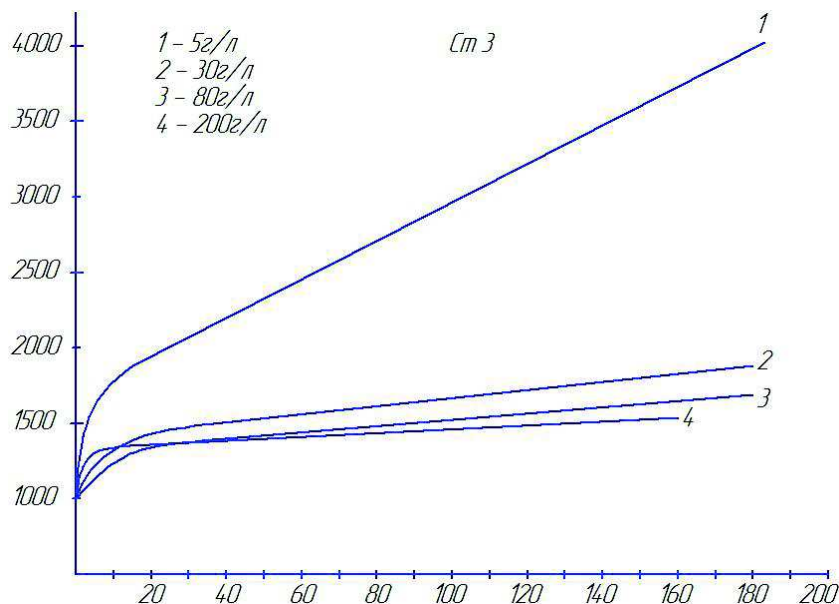


Рис. 2. Поляризационные кривые для стальных образцов (Ст. 3)

при концентрации раствора:  
1 – 5 г/л; 2 – 30 г/л; 3 – 80 г/л; 4 – 200 г/л

Из представленных данных видно, что с ростом концентрации раствора резко усиливается саморастворение образцов как для стальных, так и для магниевых сплавов, что связано с резким изменением минерализации раствора и возможной поляризацией образцов.

Скорость растворения стальных образцов при концентрации раствора 200 г/л настолько велика, что данный металл применять без защиты невозможно. При этой же концентрации скорость растворения протекторных сплавов как возможной электрохимической пары для защиты металла также велика, и поэтому применять такой сплав для защиты стали от коррозии в качестве протекторов нецелесообразно.

При одной и той же скорости растворения сплавов, например 60 мА, значения потенциалов для стали и протекторных сплавов различаются незначительно. Так, для стали это значение соответствует минус 2450 мВ, а для протекторного сплава – минус 3000 мВ. Это еще раз подтверждает, что скорости растворения этих металлов одинаково велики и при их контакте будет происходить быстрый износ протекторного сплава как анода гальванической пары.

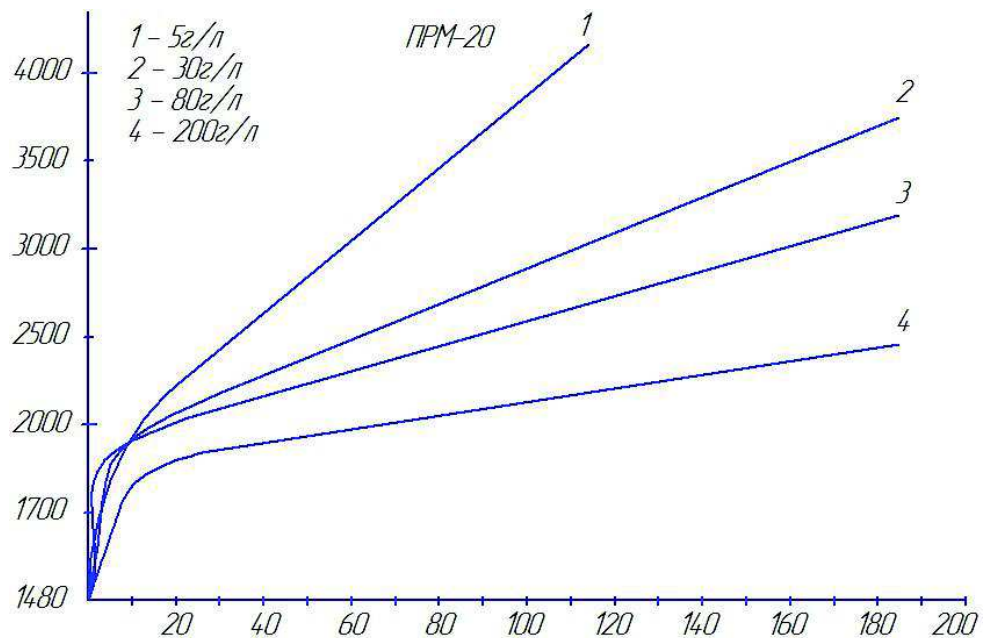


Рис. 3. Поляризационные кривые для магниевых образцов (ПРМ-20) при концентрации раствора:  
1 – 5 г/л; 2 – 30 г/л; 3 – 80 г/л; 4 – 200 г/л

### Выводы

1. Получены поляризационные кривые, позволяющие судить о скорости растворения металлических материалов.
2. Применение протекторных сплавов для защиты металла от коррозии упрощается, если провести анализ поляризационных кривых.
3. Резкий скачок процесса поляризации металлических образцов приводит к быстрому их саморастворению и снижению эффективности электрохимической защиты.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев С.В., Кац Н.Г., Парфенова С.Н., Живаева В.В., Доровских И.В. Общая характеристика и свойства подтоварных вод // ВНИИОЭНГ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2011. – № 12. – С. 41-42.
2. Сулин В.А. Воды нефтяных месторождений в системе природных вод. – Л.: Химия, 1946. – С. 40-41.
3. Кац Н.Г., Коноваленко Д.В., Васильев С.В. Анализ разрушений магниевых протекторных сплавов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 4(48). – С. 130-134.

*Статья поступила в редакцию 20 января 2016 г.*

## THE POLARIZATION CHARACTERISTICS OF METAL MATERIALS

*N.G. Katz<sup>1</sup>, S.V. Vasilyev<sup>1</sup>, D.S. Kalinkina<sup>2</sup>, D.V. Konovalenko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

<sup>2</sup> JSC «Giprovostokneft»  
93, Krasnoarmeyskaya st., Samara, Russian Federation

*The problems of the electrochemical study of metal surfaces of steel and magnesium alloys, used as protectors. For research used potentiostats P5827M brand and IPC-prO. It presents the polarization characteristics of the steel surfaces and magnesium sacrificial alloys used to protect oil tanks from corrosion damage. It is shown that a steel plate, which is made from the bottom of the tank and the magnesium alloy serving for protection from corrosion damage bottoms have similar corrosion characteristics at high salt content in the produced waters.*

**Keywords:** *potentiostat, sacrificial protection, steel and magnesium bottom tread polarization curves.*

---

*Nikolay G. Katz (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.  
Sergey V. Vasilyev, Leading Engineer.  
Darya S. Kalinkina, Engineer.  
Denis V. Konovalenko, Senior Lecture.*