

Амир Немах Мохаммед, аспирант кафедры добычи нефти,
газа и конденсата НТУ «ХПИ»,
Донской Дмитрий Федорович, доцент кафедры добычи нефти,
газа и конденсата НТУ «ХПИ» (e-mail:dfdontsky@gmail.com),
Нестеренко Сергей Викторович- доцент кафедры химии ХНАМГ,
(e-mail: nester.hnamg@gmail.com)

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ ПРИ КОРРОЗИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ.

Наращивание добычи углеводородного сырья в настоящий момент уже невозможно без увеличения глубины бурения до (5000-6000м), что с одной стороны, увеличивает стоимость строительства скважин, а с другой предъявляет более высокие требования к прочности их конструкции, особенно для наклонных скважин /1,2 /. Технология ремонта обсадных колонн на больших глубинах по стоимости сопоставима с бурением новой скважины.

Актуальной проблемой, таким образом, является разработка лабораторного экспресс-метода оценки результата влияния различных факторов негативного (стрессового) воздействия на конструкционный материал обсадной колонны.

При совместном наложении механического и химического воздействия фактор коррозии может быть определяющим для проектирования конструкции наклонных глубоких нефтяных и газовых скважин, работающих в сложных геологических условиях.

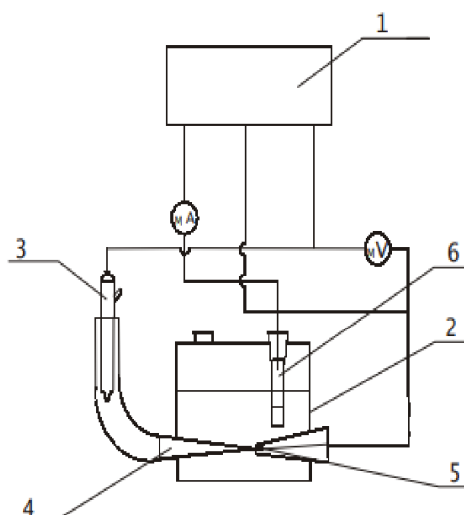
В качестве агрессивных химических факторов для условий месторождений Ирака могут быть:

1. Анионы пластовой воды (H^+ , Cl^- , I^- , Br^- , SO_4^{2-} , S^{2-} , HS^-);
2. Агрессивные газы, растворенные в пластовой воде (CO_2 , H_2S).

Задачей настоящей работы было разработка лабораторной экспресс-методики оценки рисков коррозионного разрушения материала обсадной колонны в лабораторных условиях и проведение предварительной оценки влияния различных факторов коррозии на конструкционные материалы, применяющиеся для строительства нефтяных и газовых скважин.

Коррозионную активность пластовой воды предлагается определять потенциометрическим методом, на базе потенциостата EP-20 А, автоматически управляемого программой с помощью компьютера, основные характеристики которого приведены ниже (табл.1), а схема приведена на рис. 1. Прибор состоит с блока питания ($\pm 5V$, $+3.3V$), платы с микроконтроллером EFM8LB12F64 (SiliconLabs) с интегриро-

ванным 14-разрядным аналого-цифровым преобразователем (ADC), который обеспечивает измерение напряжения и токов, 16-разрядным цифроаналоговым преобразователем (DAC8581), операционными усилителями согласования уровней, а также адаптера COM-USB для обмена данными с компьютером.



- 1 – потенциостат (EP 20A);
 2 – трехэлектродная электрохимическая ячейка;
 3 – хлорсеребряный электрод сравнения (по ГОСТ 17792-72);
 4 – капилляр Луггина; 5 – исследуемый электрод (графитовый)

Рисунок 1 – Принципиальная схема установки для снятия потенциодинамических поляризационных кривых

Таблица 1 - Основные технические характеристики прибора

Диапазон выходных напряжений потенциала	$\pm 4 \text{ V}$
Диапазоны исходных напряжений	
- вход измерения потенциала(V)	$\pm 4 \text{ V}$
- вход измерения тока V(I)	$\pm 1 \text{ A}$
Исходное сопротивление	10^7 Ohm
Ошибка установки измерения напряжений	$\leq 0.1 \%$
Дискретность измерения напряжений	$\sim 0.125 \text{ mV}/0.1 \text{ mV}$
Скорость линейной развертки потенциала	$1 \text{ mV/s} - 100 \text{ mV/s}$

Измерения проводили в стеклянной трехэлектродной ячейке с разделенными электродами при свободном доступе кислорода в ячейку (рис.2). Значения на электродных потенциалах измерялись относительно насыщенного хлорид серебряного электрода $E_0 = -0,222 \text{ V}$.

В качестве вспомогательного электрода использовали платиновую пластинку, рабочим электродом служил образец испытываемой стали. Ток коррозии определяли из анализа поляризационных кривых, передающих взаимосвязь между электродным потенциалом стального электрода и плотностью тока растворения стали при поляризации от внешнего источника постоянного электрического тока. Плотность коррозионного тока пропорциональна скорости коррозии металла в исследуемой среде, которую определяли экстраполяцией Тафелевских участков на полученных поляризационных кривых до значения потенциала свободной коррозии. Скорость коррозии металла в исследуемом растворе определяли по формуле:

$$K_m \left[\text{г/м}^2\text{год} \right] = \frac{i \cdot A}{n \cdot 2,68 \cdot 10^{-2}}, \quad (1)$$

где A – атомная масса железа; n – число электронов, которые принимают участие в электрохимической реакции; i – плотность тока коррозии, А/см^2 .



Рисунок 2 – Установка для моделирования технологических условий протекания коррозионных процессов в скважине: слева- электрохимическая трехэлектродная ячейка, справа – устройство для аэрации агрессивной среды различными газами.

Результатом измерения является циклическая вольтамперограмма образца испытываемого образца стали марки 40Х (рис. 3) в модельной пластовой воде (табл. 2) с последующим расчетом скорости коррозии (табл. 3).

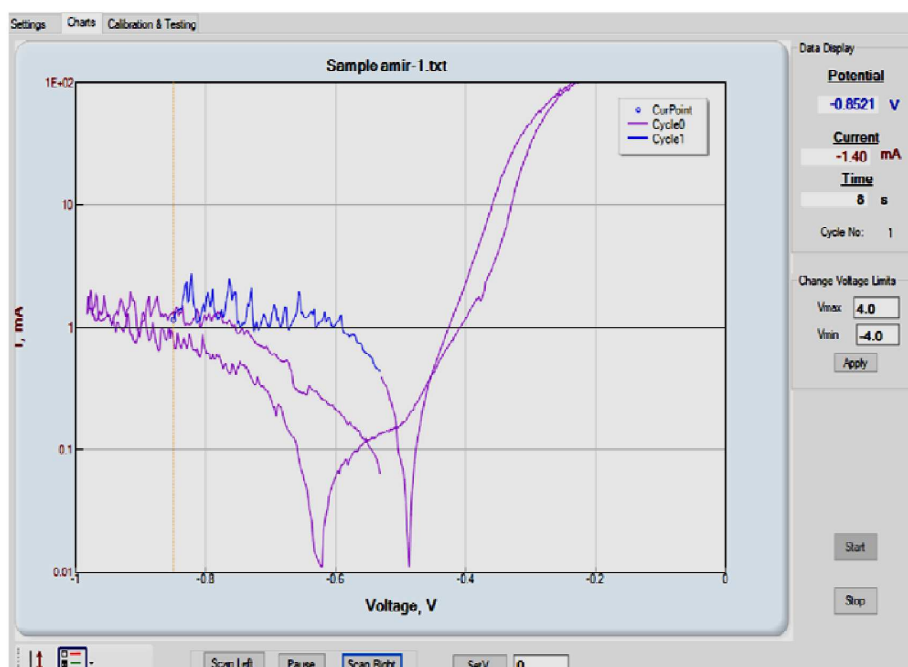


Рисунок 3 – Циклическая вольт-амперо-грамма стали 40X в модельной пластовой воде нефтяного месторождения Ирака при 25°C и аэрацией CO₂

Таблица 2 – Характеристика модельной пластовой воды, мг/л (pH=6,2)

Общая минерализация	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
257207	10900	3486	83872	158596	408	163

Таблица 3 – Результаты поляризационных измерений скорости коррозии стали 40X в пластовых водах месторождения Ирака (25°C)

Коррозионная среда	Bк, мВ	Вa, мВ	I _{кор} , mA/cm ²	Ск, мм/год
Пластовая вода	240,8	64,8	0,09	1,12
Пластовая вода с продувкой CO ₂	210,0	60,8	0,19	2,34

Выводы.

1. Предложена лабораторная экспресс-методика на основе потенциостатического определения скорости коррозии, позволяющая моделировать коррозионное поведение конструкционных материалов в производственных условиях.

2. Проведены испытания, в которых изучалось влияние углекислого газа на коррозионную стойкость стали 40X. Установлено, что CO₂ резко усиливает коррозионный процесс (в наших экспериментах скорость коррозии увеличилась в два раза).

3. Потенциостатические исследования показали что скорость коррозионного процесса стали 40X в модельных пластовых водах нефтя-