

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. КАРАЗИНА

О. Н. Калугин, А. Ю. Барабан, А. В. Рябчунова, А. С. Батрак

ХИМИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ

Учебное пособие
Методические указания к выполнению лабораторных работ

Харьков
«Фолио»
2016

УДК 544.35+550.85(075.8)

ББК 24.46+26.325.31я73

X46

Рецензенты:

И.М. Фык — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой минералогии, петрографии и полезных ископаемых Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина;

Э.Б. Хоботова — доктор химических наук, профессор, профессор кафедры технологии дорожно-строительных материалов Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

Разработка и печать выполнены
при спонсорской поддержке Представительства
«Шелл Эксплорейшн энд Продакшн Юкрейн Инвестментс (IV) Б. В.»
в рамках выполнения Программы университетских исследований
в соответствии с Соглашением о распределении продукции,
которая будет добываться в границах участка Юзовская.

*Утверждено к печати решением Ученого совета
Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина
(протокол № 8 от 28 августа 2015 года)*

Художник-оформитель
В. Н. Карасик

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.	
Определение физико-технологических свойств буровых растворов	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.	
Определение содержания коллоидных частиц в промывочной жидкости	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.	
Анализ фильтратов промывочных жидкостей	23
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.	
Разработка и приготовление утяжеленного бурового раствора	31
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.	
Исследование влияния электролитов на свойства глинистых буровых растворов	34
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.	
Изучение эффективности ингибиторов набухания глин	37
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.	
Приготовление и анализ жидкости гидроразрыва пласта	39
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8.	
Изучение реологических свойств растворов полимеров	44
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9.	
Приготовление эмульсий и изучение их свойств. Изучение методов разрушения эмульсий	46
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10.	
Анализ кислотных растворов	49
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11.	
Изучение коррозионной активности кислотных растворов	55
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12.	
Разработка жидкости глушения заданной плотности без твердой фазы	57
Список литературы	60

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: научиться определять физико-технологические свойства буровых растворов.

1.1. Определение плотности буровых растворов

Цель работы: определить плотность бурового раствора (промывочной жидкости).

Оборудование и материалы: ареометр АГ-ЗПП, входящий в комплект АБР-1 (рис. 1.1), весы электронные (с максимальным пределом взвешивания не менее 0,5 кг), верхнеприводная мешалка; мерный цилиндр вместимостью 500 см³, стаканы химические 1000 см³ и 500 см³, шпатель, стеклянная палочка для перемешивания; глинопорошок, вода.

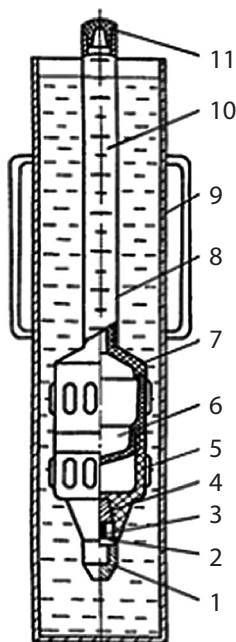


Рис. 1.1. Комплект АБР-1

Ареометр АГ-ЗПП состоит из мерного стакана 5, доньшка 6, поплавка 7, стержня 8 и съемного калибровочного груза 1. На поверхности стержня 8 имеется две шкалы 10, а на противоположной поверхности — шкала поправок, в верхней части стержня размещена пробка 11. В нижней части стакана 5 находится заглушка 2, внутри которой помещаются компенсационный груз 3 и балласт 4. Кроме того, в комплект входит металлический или пластиковый футляр в виде цилиндрического сосуда 9 с крышкой, служащей пробоотборником для раствора.

Технические характеристики ареометра:

Диапазон измерения плотности, кг/м ³	
со съемным грузом	800—1700
без груза	1700—2600
Цена деления шкалы, кг/м ³	10
Вместимость мерного стакана, см ³	78,5

Тарировка ареометра. Тарировка ареометра производится периодически в процессе его эксплуатации. Для этого в мерный стакан ареометра с надетым калибровочным грузом наливают воду плотностью (1000 ± 10) кг/м³ и погружают прибор в футляр, заполненный водой такой же плотности, предварительно установив пробку на стержне ареометра в перевернутом состоянии.

При отклонении показаний ареометра от отметки (0 ± 10) кг/м³ поправочной шкалы в пробку засыпают металлические шарики диаметром 2—3 мм до тех пор, пока показания прибора по поправочной шкале не станут равными (0 ± 10) кг/м³. После этого стержень ареометра закрывают пробкой.

Примечание. Вместо процедуры тарировки допускается использовать поправочную шкалу для коррекции значений плотности бурового раствора. Для этого сначала измеряют плотность воды, определяя значение поправки (с учетом знака, который указан на шкале поправок) по шкале поправок. Правильное (исправленное) значение плотности бурового раствора составляет сумму измеренной величины плюс поправка (с учетом знака!).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.1.1. Приготовить глинистые растворы с заданной массовой долей ω глины (количество растворов и требуемые значения плотности задает преподаватель). Плотность глины $\rho_{тр}$ принять

равной 2500 кг/м³. Количество глины и воды для приготовления заданного объема промывочной жидкости требуемой плотности с учетом влажности W вычислить по следующим формулам (1.1—1.5):

$$\rho = \omega(\rho_{mp} - \rho_w) + \rho_w, \quad (1.1)$$

$$m_{mp} = \frac{\rho_{mp}(\rho - \rho_w)V}{(\rho_{mp} - \rho_w)(1 - W + W\rho_{mp}10^{-3})}, \quad (1.2)$$

$$V_{mp} = \frac{V(\rho - \rho_w)}{(\rho_{mp} - \rho_w)}, \quad (1.3)$$

$$V_w = V - V_{mp}, \quad (1.4)$$

$$m = V_w \rho_w, \quad (1.5)$$

где

ω — массовая доля глинопорошка в буровом растворе, доли единицы;

m_{mp} , m_w — масса глины и воды, кг;

V_{mp} , V , V_w — объем глины, бурового раствора и воды, м³;

ρ_{mp} , ρ , ρ_w — плотность глины, промывочной жидкости и воды, кг/м³;

W — влажность глинопорошка, доли единицы.

Рассчитанные теоретические данные, а также результаты последующих измерений занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Рассчитанные и измеренные данные
плотности промывочных жидкостей (ПЖ)**

№ п/п	Теоретическая плотность ПЖ ρ , кг/м ³	Расчетные количественные показатели ПЖ				Экспериментальная плотность ПЖ ρ , кг/м ³
		m_{mp} , кг	V_{mp} , м ³	m_w , кг	V_w , м ³	

Для приготовления раствора к необходимому количеству глинопорошка порциями добавить рассчитанное количество воды при постоянном перемешивании сначала при помощи стеклянной палочки, а затем — верхнеприводной мешалки. Добиться однородности получаемой суспензии.

1.1.2. Отделить в ареометре доньшко поплавка от мерного стакана, доньшко и стакан промыть водой.

1.1.3. Налить в футляр ареометра чистую воду.

1.1.4. В мерный стакан ареометра набрать воду из футляра. Соединить доньшко со стаканом поворотом до упора.

1.1.5. Погрузить ареометр в футляр с водой. При стабильном положении прибора прочесть и записать показания и знак («+» или «—») поправки по поправочной шкале.

1.1.6. Поднять прибор, отсоединить стакан от доньшка и вылить воду в футляр.

1.1.7. Залить в мерный стакан ареометра пробу промывочной жидкости, соединить стакан с доньшком. Тщательно смыть водой излишки промывочной жидкости с поверхности ареометра.

1.1.8. Снова погрузить ареометр в футляр с водой. Отсчет плотности провести по левой шкале со значениями плотности до 1700 кг/м^3 . Если раствор утяжеленный и ареометр полностью тонет в воде, тогда груз снять, опустить ареометр без груза в жидкость, а отсчет провести по правой шкале с большими значениями плотности — до 2600 кг/м^3 .

1.1.9. Результаты испытаний занести в таблицу 1.1.

1.2. Определение условной вязкости буровых растворов

Цель работы: определить условную вязкость промывочной жидкости.

Оборудование и материалы: вискозиметр ВБР-1, секундомер, промывочная жидкость, полученная в опыте 1.1.

Комплект ВБР-1 (рис. 1.2) состоит из воронки 1, герметично соединенной с трубкой 2, мерной кружки 3 и сетки 4.

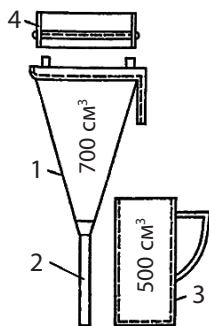


Рис. 1.2. Вискозиметр ВБР-1

Технические характеристики ВБР-1:

Постоянная вискозиметра	
(время истечения 500 см ³ дистиллированной воды, с)	15
Диаметр отверстия трубки вискозиметра, мм	5
Длина трубки вискозиметра, мм	100
Вместимость, см ³ :	
воронки вискозиметра	700
мерной кружки	500

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.2.1. Воронку вискозиметра и мерную кружку промыть водой и вытереть насухо.

1.2.2. Подготовить пробу промывочной жидкости, тщательно перемешав ее и закрыв отверстие трубки пальцем, залить через сетку исследуемую жидкость объемом 700 см³ в воронку.

1.2.3. Подставить мерную кружку под трубку вискозиметра. Убрав палец, открыть отверстие трубки и одновременно включить секундомер.

1.2.4. В момент заполнения кружки (500 см³) промывочной жидкостью остановить секундомер и прочесть его показания. За условную вязкость¹ (T , с) промывочной жидкости принимается среднее значение результатов трех измерений, отличающихся между собой не более чем на 2 с. После каждого измерения мерную кружку необходимо ополаскивать водой.

1.2.5. Результаты измерений по этому, а также последующим пунктам лабораторной работы №1 занести в таблицу 1.2.

Примечание. Следует периодически проверять постоянную вискозиметра истечением дистиллированной воды. Производить не менее трех замеров, среднее значение которых для пригодного к работе вискозиметра должно составлять $(15 \pm 0,5)$ с.

¹ В вискозиметрии буровых растворов величина T принимается в качестве условной вязкости.

1.3. Определение водоотдачи и толщины фильтрационной корки

Цель работы: определить показатели фильтрации промывочной жидкости.

Оборудование и материалы: прибор ВМ-6, секундомер, шприц медицинский, линейка; бумажные фильтры; индустриальное масло И-30А, промывочная жидкость, полученная в опыте 1.1.

Прибор ВМ-6 (рис. 1.3) состоит из трех узлов: основания 7, напорного цилиндра 3 с плунжером 1 и фильтрационного стакана 5 с принадлежностями. Фильтрационный стакан 5 в верхней части имеет горловину с наружной резьбой, нижний конец его также имеет резьбу. Узел напорного цилиндра состоит из собственно цилиндра 3 с ввернутой в него втулкой, плунжера 1 и груза-шкалы 2, укрепленного на плунжере. Шкала нанесена на прозрачной пластмассовой планке и прикреплена к грузу винтами. Сквозь шкалу видна отсчетная риска на верхнем конце втулки цилиндра. В нижней части цилиндра имеется отверстие, которое служит для спуска масла 11 из цилиндра при установке шкалы на «0» (совмещение нулевой риски шкалы с отсчетной риской втулки цилиндра). Отверстие перекрывается иглой 4. Цилиндр соединяется с фильтрационным стаканом с помощью резьбы. Для уплотнения места соединения предусмотрена прокладка из маслостойкой резины. Основание 7 представляет собой чашу с резьбой для соединения с фильтрационным стаканом, отверстием под пробку 6 и каналами для сбора фильтрата. На поверхность основания укладывается фильтровальная бумага 9, на которой размещается кольцевая резиновая прокладка 8, герметизирующая соединение основания и фильтрационного стакана.

Принцип работы прибора ВМ-6 основан на способности жидкости отфильтровываться под давлением из раствора 10 через фильтровальную бумагу 9, на поверхности бумаги при этом формируется фильтрационная корка. За показатель водоотдачи (фильтрации) принимается количество жидкости, отфильтрованной через круглый бумажный фильтр за 30 мин при избыточном давлении 0,1 МПа.

Технические характеристики ВМ-6:

Предел измерения показателя фильтрации за 30 мин при диаметре фильтра 75 мм, см ³	40
Цена деления шкалы, см ³	1
Погрешность измерения, см ³	0,5
Давление фильтрации, МПа	0,1
Фактический диаметр фильтра, мм	53
Объем пробы промывочной жидкости, см ³	100

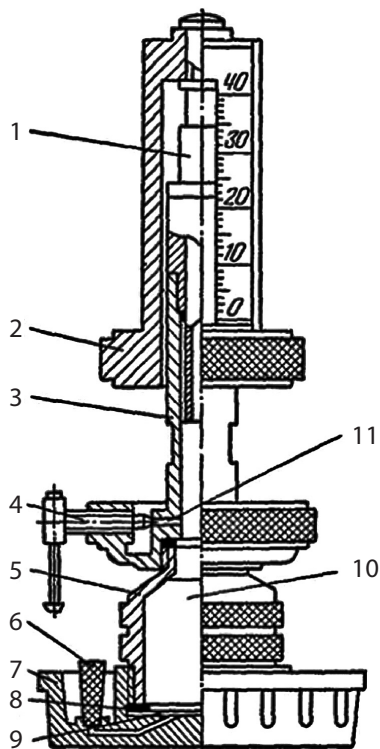


Рис.1.3. Прибор ВМ-6

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.3.1. Отвернуть цилиндр от фильтрационного стакана, извлечь стакан из основания, извлечь пробку. Фильтрационный стакан и основание прибора промыть горячей водой и насухо протереть.

1.3.2. Плунжерную пару смазать индустриальным маслом И-30А, проверить плавность движения плунжера, закрыть иглу.

1.3.3. Смочить водой один или два заготовленных заранее фильтра, вложить их в основание прибора и промокнуть сухим кружком фильтровальной бумаги. Поверх подготовленного таким образом фильтра уложить резиновую прокладку, вернуть фильтрационный стакан в основание, вставить пробку. Подготовить секундомер.

1.3.4. Залить в фильтрационный стакан предварительно перемешанную пробу промывочной жидкости, не доливая до края на 3—4 мм.

1.3.5. Навернуть цилиндр на стакан. Налить в цилиндр индустриальное масло И-30А, не доливая до верхнего края втулки 10 мм.

1.3.6. Вставить плунжер в цилиндр.

1.3.7. Приоткрыть иглу и, вращая плунжер рукой за накатку на грузе, подвести нулевое деление шкалы к отсчетной риску на верхнем крае втулки. Если нулевое деление шкалы опустится ниже риски, то фактическое начальное показание прибора по шкале нужно принять за нулевое, вычитая его из всех промежуточных и окончательного отсчетов.

1.3.8. В момент вытаскивания пробки включить секундомер. По мере выделения фильтрата собирать его шприцем.

1.3.9. По истечении 30 мин измерить общий объем выделившегося фильтрата (V , см³), а также снять показания шкалы (B , см³/30 мин) и записать все данные в табл. 1.2.

1.3.10. По истечении 30 мин открыть иглу, выпустить масло в чашку цилиндра и при открытой игле вынуть из него плунжер. Затем закрыть иглу, отвернуть цилиндр от стакана и слить масло из чашки в масляный бачок.

1.3.11. Извлечь фильтр с образовавшейся на нем фильтрационной коркой и измерить линейкой ее толщину (K , мм). Измеренную величину занести в табл. 1.2.

1.4. Определение статического напряжения сдвига

Цель работы: определить статическое напряжение сдвига промывочной жидкости.

Оборудование и материалы: вискозиметр СНС-2, секундомер; мерный стакан вместимостью 150 см³; промывочная жидкость, полученная в опыте 1.1.

Прибор СНС-2 (рис. 1.4) состоит из цилиндра 6, подвешенного на упругой нити 2 с помощью конуса 1, кронштейна 4, стакана 7, установленного на столике 8. Вращение с частотой 0,2 об/мин через редуктор 12 и шкив передается столику от электродвигателя 13. Во избежание скольжения испытуемого раствора поверхность подвешенного цилиндра сделана рифленой. На трубке 3, соединенной с цилиндром, укреплен лимб 14 с делениями от 0 до 360°. На уровне лимба на кронштейне находится указатель 5. Для установки станины 11 прибора в горизонтальное положение имеются опорные 10 и установочные 9 винты.

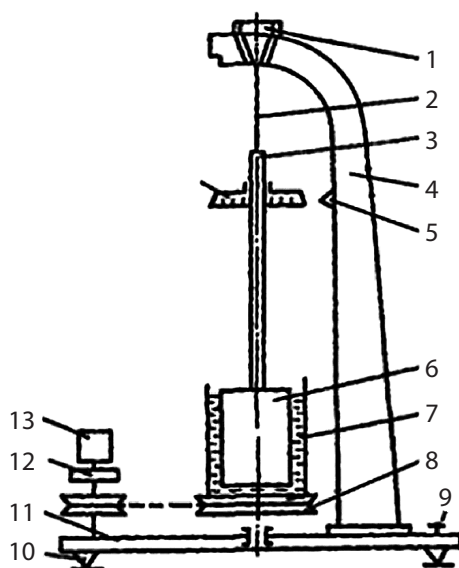


Рис.1.4. Схема СНС-2

Технические характеристики СНС-2:

Пределы измерения статического напряжения сдвига в единицах мгс/см^2 при диаметре нити в мм:	
0,3	4—22
0,4	15—83
0,5	34—182
Частота вращения стакана, об/мин	0,2
Наружный диаметр цилиндра, мм	40
Высота измерительного цилиндра, мм	60
Максимальный угол поворота измерительного цилиндра, град.	160
Приведенная погрешность измерения, %	не более 5

Примечание. Проведение каждого замера от момента пуска электродвигателя до момента остановки подвешенного цилиндра не должно продолжаться более 1 мин, чему соответствует максимальный отсчет в 72° . Если замер продолжается более одной минуты, его следует признать некачественным, а выбранный предел измерения недостаточным. В этом случае следует выбрать нить с большим пределом измерения. Если показание прибора было в пределах 10° , замер следует признать неточным, а выбранный предел измерения слишком большим. В этом случае следует заменить нить на более тонкую с меньшим пределом измерения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.4.1. Установить внешний стакан в опору, собрать упругую систему, для чего нить нужного предела измерения вставить в трубку цилиндра и ее нижний конец закрепить винтом. За верхний конец нити подвесить упругую систему к стойке.

1.4.2. Станину прибора с помощью установочных винтов привести в горизонтальное положение, о чем будет свидетельствовать соосное расположение цилиндра в стакане.

1.4.3. Снять упругую систему, залить приблизительно 120 мл бурового раствора в стакан и вертикально погрузить цилиндр в раствор, подвесив упругую систему на кронштейн. Уровень раствора должен совпадать с верхним основанием цилиндра. Испытуемую жидкость хорошо перемешать путем вращения (вручную) внутреннего цилиндра поочередно по

часовой и против часовой стрелки (при этом максимальный угол поворота не должен превышать 180°), после чего ноль лимба совместить с указателем и включить секундомер. Жидкость выдержать в покое после установки внутреннего цилиндра в течение 1 мин.

1.4.4. По истечении 1 мин включить электромотор. При этом вращение стакана через структуру раствора передается внутреннему цилиндру, который закручивает упругую нить. Закручивание нити с цилиндром вследствие пластической деформации раствора постепенно снижается. В момент, когда сила сопротивления нити при закручивании станет равной силе сопротивления трения между раствором и поверхностью цилиндра, структура раствора разрушается и цилиндр останавливается. Угол закручивания нити φ определить по лимбу прибора с помощью указателя, закрепленного на штативе.

1.4.5. Затем раствор в стакане вновь перемешать описанным в п. 1.4.3 способом и произвести аналогичное измерение угла закручивания φ через 10 мин выдержки раствора в покое.

Статическое напряжение сдвига в $\text{мгс}/\text{см}^2$ вычислить по формулам (1.6) и (1.7)

$$CHC_1 = k(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (1.6)$$

$$CHC_{10} = k(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (1.7)$$

где

φ_2 и φ_1 — конечный и начальный отсчет соответственно по шкале лимба, град.;

k — константа прибора (по паспорту прибора), характеризующая величину статического напряжения сдвига, приходящегося на 1 градус угла закручивания нити, $\text{мгс}/(\text{см}^2 \cdot \text{град})$.

1.4.6. Результаты измерений и расчета занести в табл. 1.2.

1.4.7. Рассчитать коэффициент тиксотропии по формуле

$$K_T = \frac{CHC_{10} - CHC_1}{t_{10} - t_1} \quad (1.8)$$

и дать оценку качества приготовленного бурового раствора.

1.5. Определение содержания песка

Цель работы: определить содержание загрязняющих промывочную жидкостью примесей (песка).

Оборудование и материалы: отстойник ОМ-2, промывочная жидкость, полученная в опыте 1.1, дистиллированная вода.

Металлический отстойник ОМ-2 (рис. 1.5) представляет собой цилиндр 2 со стеклянной измерительной пробиркой 4 в нижней части. На боковой поверхности пробирки нанесена шкала 8 с делениями через 0,1 см. Пробирка крепится к нижней части цилиндра 2 с помощью винта 7, перекладки 6 и прокладок 3 и 5. Сверху отстойник закрывается крышкой 1, которая используется как мерный сосуд. В верхней части цилиндра имеется отверстие, регламентирующее вместимость цилиндра.

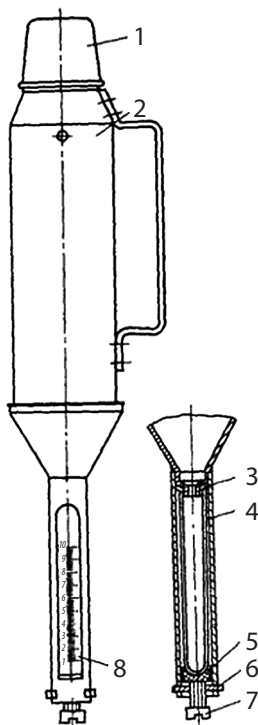


Рис.1.5. Отстойник ОМ-2

Технические характеристики отстойника ОМ-2:

Вместимость, см³:

отстойника	600
отстойника до сливного отверстия	500
крышки	50
пробирки	10

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.5.1. В отстойник залить 200—300 см³ воды, а затем 50 см³ испытуемой промывочной жидкости из крышки отстойника. Затем доливать воду до тех пор, пока она не начнет выливаться через отверстие. Закрыть крышкой отстойник и интенсивно взболтать его содержимое. При этом боковое отверстие должно быть закрыто пальцем.

1.5.2. После этого отстойник установить в вертикальное положение на 1 мин. За это время из раствора осядут частицы с диаметром 0,2 мм и более.

1.5.3. Объем осевших частиц определяют по делениям шкалы 8 (см³). Полученное значение умножают на два и получают содержание песка, выраженное в процентах.

1.5.4. Результат занести в таблицу 1.2.

1.6. Изучение стабильности и суточного отстоя буровых растворов

Цель работы: определить стабильность и суточный отстой промывочной жидкости.

Оборудование и материалы: цилиндр стабильности ЦС-2, ареометр буровой АБР-1; стакан химический, цилиндр вместимостью 100 см³; промывочная жидкость, полученная в опыте 1.1.

Цилиндр стабильности ЦС-2 (рис. 1.6.) представляет собой металлический цилиндр 2 с ручкой 3. Посередине цилиндра расположен отвод с резиновой пробкой 1, через который сливается верхняя часть промывочной жидкости.

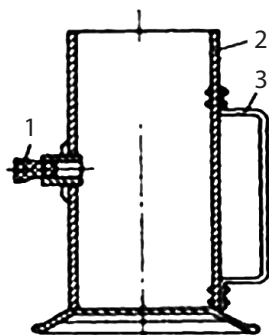


Рис.1.6. Цилиндр стабильности ЦС-2

Технические характеристики цилиндра стабильности ЦС-2:

Вместимость, см ³	720
Высота, мм	500 или 200
Масса, кг	0,36

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.6.1. Цилиндр вымыть водой и насухо вытереть внутри и снаружи. Отвод плотно закрыть резиновой пробкой.

1.6.2. Тщательно перемешать пробу промывочной жидкости, после чего залить ее до краев в цилиндр стабильности и оставить на 24 часа.

1.6.3. Через сутки слить верхнюю часть промывочной жидкости, открыв пробку бокового отвода. Перемешать полученную пробу и измерить плотность с помощью бурового ареометра АБР-1 (ρ_1).

1.6.4. Пробкой закрыть отвод и перемешать оставшуюся в цилиндре стабильности жидкость. Измерить ее плотность тем же ареометром (ρ_2).

1.6.5. Стабильность промывочной жидкости рассчитать, вычитая плотность верхней части из плотности нижней ($\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1$, кг/м³).

1.6.6. Суточный отстой измерить с помощью стеклянного мерного цилиндра вместимостью 100 см³ с ценой деления 1 см³. Испытуемую жидкость налить в мерный цилиндр до

отметки 100 см³, закрыть стеклом и оставить на 24 часа, после чего визуально определить величину слоя прозрачной воды, выделившейся в верхней части цилиндра. Отстой выражают в процентах выделившейся жидкости от объема пробы (*O*, %).

1.6.7. Результаты занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Результаты измерения параметров промывочной жидкости

№ п/п	Вязкость	Показатель филътрации			СНС, мгс/см ²		Содержание песка	Стабильность ПЖ	Суточный отстой
	<i>T</i> , с	<i>B</i> , см ³ /30 мин	<i>K</i> , мм	<i>V</i> , см ³	1 мин	10 мин	<i>П</i> , %	$\Delta\rho$, кг/м ³	<i>O</i> , %
1									
2									

Вопросы для самоконтроля:

1. Каково назначение бурового раствора и какие функции он выполняет?
2. Какие требования предъявляют к буровым растворам?
3. Назовите основные физико-технологические свойства буровых растворов. Дайте краткую характеристику каждому из них, укажите единицы измерения.
4. Опишите процедуру тарировки ареометра АГ-ЗПП.
5. В каких случаях и с какой периодичностью проводится тарировка ареометра?
6. Опишите порядок работы с ареометром АГ-ЗПП.
7. Дайте определение условной вязкости. В каких единицах измеряется эта величина?
8. Опишите процедуру работы с вискозиметром ВБР-1.
9. Как часто следует проводить определение постоянной вискозиметра ВБР-1?

10. Опишите устройство и порядок работы с прибором ВМ-6. Какие характеристики бурового раствора можно определить с его помощью?
11. Дайте определение статическому напряжению сдвига. В каких единицах его измеряют?
12. Опишите порядок и особенности работы на приборе СНС-2.
13. Какой можно сделать вывод о качестве приготовленного бурового раствора, исходя из измеренных значений статического напряжения сдвига и коэффициента tiksotropии?
14. Как определяют содержание песка в буровом растворе? Опишите устройство соответствующего прибора и порядок работы на нем.
15. Какой можно сделать вывод о качестве приготовленного бурового раствора, исходя из полученных результатов по изучению его стабильности и суточного отстоя? Как получают эти характеристики? Опишите порядок работы.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ В ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

Цель работы: определить содержание коллоидных частиц в глинистых буровых растворах.

Оборудование и материалы: колба Эрленмейера (250 см³), стеклянная воронка, бумажный фильтр (марка «Синяя лента»), мерные цилиндры вместимостью 25 и 50 см³, пипетка мерная вместимостью 2 мл, бюретка вместимостью 25 мл; пробы глинистого раствора, водный раствор метиленового синего (МС) с массовой долей 0,45%, 5 н. раствор серной кислоты, 3%-й раствор пероксида водорода, дистиллированная вода.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Отобрать пипеткой 2 см³ предварительно перемешанного бурового раствора и перенести его в чистую коническую колбу вместимостью 250 см³.

2.2. Добавить 15 см³ 3 %-ного раствора пероксида водорода и 0,5 см³ раствора серной кислоты (5 н.), тщательно перемешать и кипятить 4 мин в колбе со стеклянной воронкой в качестве обратного холодильника. Добавка пероксида водорода позволит исключить влияние на результат определения таких реагентов, как гуматы, карбоксиметилцеллюлоза, акриловые и лигносульфонаты, а добавка серной кислоты позволит четко определить точку конца титрования.

2.3. Охладить, измерить объем, разбавить дистиллированной водой до 50 см³ и титровать раствором МС.

2.4. После каждого прибавления МС раствор тщательно перемешивать короткое время (встряхиванием), затем стеклянной палочкой из колбы отобрать каплю и нанести ее на фильтровальную бумагу. При полном поглощении МС глиной данной пробы раствора от капли будет оставаться темный круг с четко очерченной границей и прозрачная вода.

2.5. Титрование ведется до тех пор, пока от капли на фильтровальной бумаге не появится голубой ореол от избытка свободного МС. После этого через 2 мин легкого встряхива-

ния необходимо отобрать повторную каплю, если ореол не исчезнет, то следует считать, что достигнут предел поглощения и титрование закончено, если же ореол исчезнет, следует продолжать титрование добавкой по 0,5—1,0 см³ МС.

Примечание. Необходимо иметь в виду, что с начала титрования необходимо добавлять по 0,5—1,0 см³ МС, иначе результат определения может быть искажен. В некоторых случаях, например, в буровых растворах большой плотности или с малым содержанием твердой фазы, когда концентрация коллоидных частиц мала, добавка МС по 1 см³ может быть большой. В таком случае конец титрования можно определить только малыми добавками МС (доли миллилитра), используя микробюретку.

2.6. Рассчитать содержание коллоидных частиц по формуле (2.1):

$$\varphi_{col} = 0,33 \cdot V, \quad (2.1)$$

где

φ_{col} — объемная концентрация коллоидных частиц в буровом растворе, %;

V — объем МС, затраченный на титрование 2 см³ исследуемого раствора, мл.

Перевод объемной концентрации коллоидных частиц в массовую концентрацию производится по формуле (2.2):

$$w_{col} = \varphi_{col} \cdot \frac{\rho_{clay}}{\rho}, \quad (2.2)$$

где

w_{col} — массовая концентрация коллоидных частиц в буровом растворе, %;

ρ_{clay} — плотность глины, равная 2,6 г/см³;

ρ — плотность промывочной жидкости, г/см³.

Вопросы для самоконтроля:

1. Опишите порядок выполнения работы по определению содержания коллоидных частиц в промывочной жидкости.
2. С какой целью определяют содержание коллоидных частиц? Какую роль это играет на практике?

3. Чем объясняется добавка пероксида водорода к аликвоте бурового раствора перед анализом?
4. С какой целью вносят добавку серной кислоты перед определением?
5. Как определяется конечная точка титрования промывочной жидкости с метиленовым синим?
6. Какие есть особенности «режима» титрования бурового раствора раствором метиленового синего?
7. Как отличить истинный раствор от коллоидного и от грубодисперсной системы?

Лабораторная работа № 3

АНАЛИЗ ФИЛЬТРАТОВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Цель работы: освоить методики получения фильтратов промывочных жидкостей и определить минерализацию различных буровых растворов.

3.1. Определение минерализации промывочной жидкости

Цель работы: освоить методику определения минерализации промывочной жидкости.

Оборудование и материалы: колбы Эрленмейера, стеклянная воронка, бумажный фильтр (марка «Синяя лента»), пикнометр (10 см³); весы аналитические. Пробы глинистого раствора:

№ 1 — из бентонитового порошка,

№ 2 — с добавкой хлорида натрия, солей кальция, магния,

№ 3 — из комовой глины.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1.1. В сухую чистую колбу вставляют стеклянную воронку с бумажным фильтром, через который фильтруют глинистый раствор. Фильтрат из раствора можно получить также с помощью вакуумной установки, состоящей из колбы Бунзена, воронки Бюхнера и вакуумного насоса.

3.1.2. Для расчета плотности фильтрата взвешивают пустой сухой пикнометр. Затем фильтрат промывочной жидкости переносят в пикнометр с известным водным числом и взвешивают его. Плотность фильтрата рассчитывают по формуле (3.1):

$$\rho = \frac{m - m_0}{V}, \quad (3.1)$$

где

ρ — плотность исследуемой жидкости, г/см³;

m_0 — масса пустого пикнометра, г;

m — масса пикнометра с исследуемой жидкостью, г;

V — водное число пикнометра, см³.

3.1.3. По плотности, полученной в п. 3.1.2, пользуясь данными таблицы 3.1, определить минерализацию фильтрата промывочной жидкости в пересчете на хлорид натрия.

Таблица 3.1

**Зависимость плотности растворов хлорида натрия
от концентрации**

Плотность при 20 °С	Содержание NaCl, г		Плотность при 20 °С	Содержание NaCl, г	
	в 100 г р-ра	в 1 дм ³ р-ра		в 100 г р-ра	в 1 дм ³ р-ра
1,005	1	10,1	1,109	15	166,0
1,013	2	20,3	1,116	16	179,0
1,020	3	30,6	1,124	17	191,0
1,027	4	41,1	1,132	18	204,0
1,034	5	51,7	1,140	19	217,0
1,041	6	62,5	1,148	20	230,0
1,049	7	73,4	1,156	21	243,0
1,056	8	84,5	1,164	22	256,0
1,063	9	95,6	1,172	23	270,0
1,071	10	107,1	1,180	24	283,0
1,078	11	118,0	1,189	25	297,0
1,086	12	130,0	1,197	26	311,0
1,093	13	142,0			
1,101	14	154,0			

3.2. Определение содержания ионов кальция и магния в промывочной жидкости

Цель работы: освоить методику определения содержания солей кальция и магния в промывочной жидкости.

Оборудование и материалы: колбы Эрленмейера вместимостью 250 см³, стеклянная воронка, бумажный фильтр (марка «Синяя лента»), пикнометр (10 см³), весы аналитические, штатив с лапкой для крепления бюретки, бюретка (25 см³), мерная колба (1000 см³), пипетка Мора (5, 10 см³), шпатель, цилиндр (10 см³ с делениями), ступка с пестиком; раствор трилона Б (0,025 моль/л), кислота соляная (1:3), аммиачный буферный раствор (рН=10), фильтровальная бумага, натрий хлористый, магний серноокислый, универсальная индикаторная бумага, индикатор хромоген черный ET-00 (индикатор растирается с калием хлористым в соотношении 1:100), индикатор мурексид (индикатор растирается совместно с калием хлористым в соотношении 1:100), 25%-ный раствор гидроксида калия. Фильтраты проб глинистых растворов:

№ 1 — из бентонитового порошка,

№ 2 — с добавкой хлорида натрия, солей кальция, магния,

№ 3 — из комовой глины.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Метод основан на образовании комплексных соединений трилона Б с ионами щелочноземельных элементов. Определение проводят титрованием трилоном Б кальция и общего количества магния и кальция из разных аликвот.

Содержание магния вычисляется из разности между вторым и первым определением.

Кальций оттитровывается при рН = 12 с индикатором мурексидом, а общее количество кальция и магния при рН = 10 с индикатором хромогеном черным.

Буферный раствор (рН = 10) готовится следующим образом: 20 г хлористого аммония (х.ч.) растворить в дистиллированной воде, добавить 100 см³ 25%-ного раствора аммиака и довести объем до 1 дм³ дистиллированной водой.

Величина аликвот для титрования определяется в зависимости от плотности проб фильтрата бурового раствора (см. табл. 3.2).

3.2.1. В сухую чистую колбу вставляют стеклянную воронку с фильтром, через который фильтруют глинистый раствор. Фильтрат из раствора можно получить также с помощью вакуумной установки, состоящей из колбы Бунзена, воронки Бюхнера и вакуумного насоса.

Таблица 3.2

Зависимость величины аликвоты глинистого раствора от плотности фильтрата

Плотность, г/см ³	1,000	1,003—1,008	1,008—1,02
Аликвота, мл	100	10	5
Плотность, г/см ³	1,02—1,06	1,06—1,12	1,12—1,18
Аликвота, мл	2	1	0,5

3.2.2. В коническую колбу поместить аликвоту исследуемого фильтрата, разбавить дистиллированной водой до 100 мл. Определить рН фильтрата. При необходимости нейтрализовать соляной кислотой (1:3) по универсальной индикаторной бумаге (избытка кислоты не допускать). Прокипятить 3 мин, охладить, прибавить 4 см³ 25%-ного раствора КОН. Если после прибавления щелочи выпадает белый осадок гидроокиси магния, аликвоту уменьшить. Прибавить в качестве индикатора 0,2—0,3 г сухой смеси мурексиды с хлористым калием. Окрасившийся раствор медленно титровать 0,05 н. раствором трилона Б при постоянном помешивании титруемого раствора до изменения розовой окраски на фиолетовую.

3.2.3. Расчет содержания кальция в воде выполнить по формуле (3.2):

$$C(\text{Ca}^{2+}) = \frac{C_{tr} \cdot V_{tr}}{V}, \quad (3.2)$$

где

$C(\text{Ca}^{2+})$ — концентрация Ca^{2+} , моль/дм³;

V_{tr} — объем трилона Б, затраченного на титрование, см³;

C_{tr} — концентрация трилона Б, моль/дм³;

V — объем аликвоты фильтрата, см³.

Содержание кальция ($C_{eq}(\text{Ca}^{2+})$, мг-экв/дм³) рассчитать по следующей формуле (3.3):

$$C_{eq}(\text{Ca}^{2+}) = 1000 \cdot C(\text{Ca}^{2+}) \cdot M_{eq}(\text{Ca}^{2+}), \quad (3.3)$$

где

$M_{eq}(\text{Ca}^{2+})$ — молярная масса эквивалента кальция, г-экв/моль.

3.2.4. Для определения общего содержания кальция и магния в фильтрате в коническую колбу (250 мл) поместить aliquоту исследуемого фильтрата.

Примечание. Aliквота фильтрата для определения содержания магния должна быть в 2 раза меньше aliquоты, взятой для определения содержания кальция!

Подкисленную пробу прокипятить 3 мин. К охлажденному раствору прилить 5 см³ аммиачного буферного раствора. Затем прибавить в качестве индикатора 0,1 г сухой смеси хромоген черного с калием хлористым. Окрасившийся раствор медленно титровать 0,05 М раствором трилона Б до перехода окраски из винно-красной в синюю с зеленым оттенком.

Если окраска раствора после прибавления индикатора отклонилась от нормальной, то принять меры к устранению мешающих компонентов.

Большие концентрации катионов элементов-металлов устраняют введением специальных маскирующих агентов. Цианид калия маскирует Co, Ni, Al до 200 мг/дм³, Cu, Fe до 300 мг/дм³. Гидроксилламин устраняет влияние Cu до 0,3 мг/дм³, Mn до 1 мг/дм³ и Al до 20 мг/дм³. Сульфид натрия маскирует Zn до 200 мг/дм³, Al, Cd, Pb до 20 мг/дм³, Fe до 5 мг/дм³, Mn до 1 мг/дм³, Co и Ni до 1 мг/дм³.

Признаком наличия в пробе недопустимого количества Cu и Zn является нечеткий переход окраски в точке эквивалентности. Если после прибавления к пробе индикатора происходит обесцвечивание раствора, то это указывает на наличие Mn. Если окраска в точке эквивалентности неустойчива, то это может быть вызвано большой щелочностью анализируемой пробы.

Для получения точных результатов рекомендуется отбирать aliquоты, предварительно разбавив пробу. Например, при плотности фильтрата от 1,12 до 1,18 г/см³, чтобы получить aliquоту равную 0,5 см³, нужно 10 см³ фильтрата разбавить до 500 см³ в мерной колбе и из разбавленного раствора отобрать 25 см³. Из такого же раствора можно отбирать aliquоты для определения хлорид-иона.

3.2.5. Расчет содержания магния в воде выполнить следующим образом: по формуле (3.4) рассчитать общее содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} ; зная общую жесткость фильтрата $C(\text{CaMg})$ (мг-экв/дм³) и содержание кальция $C(\text{Ca}^{2+})$ (мг-экв/дм³), рассчитать содержание магния, мг/дм³ ($C(\text{Mg}^{2+})$) по формуле (3.5).

$$C(\text{CaMg}) = \frac{C_{tr} \cdot V_{tr}}{V}, \quad (3.4)$$

$$C(\text{Mg}^{2+}) = (C(\text{CaMg}) - C(\text{Ca}^{2+})) \cdot 1000 \cdot M_{eq}(\text{Mg}^{2+}), \quad (3.5)$$

где

$C(\text{CaMg})$ — общее содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} , моль/дм³ (общая жесткость);

$C(\text{Mg}^{2+})$ — концентрация Mg^{2+} , моль/дм³;

$M_{eq}(\text{Ca}^{2+})$ — молярная масса эквивалента кальция, г-экв/моль.

3.2.6. На основании полученных результатов заполнить таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Результаты по определению жесткости фильтратов

Фильтрат	$C(\text{Ca}^{2+})$	$C(\text{CaMg})$	$C(\text{Mg}^{2+})$
1			
2			
3			

3.3. Определение содержания калия кобальтнитритным методом

Цель работы: освоить методику определения содержания калия кобальтнитритным методом.

Оборудование и материалы: колба с притертой пробкой, коническая колба вместимостью 250 см³, цилиндры мерные вместимостью 25 и 50 см³, стеклянная палочка; азотнокислый кобальт, нитрит натрия, ледяная уксусная кислота, дистиллированная вода, фильтраты проб глинистых растворов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.3.1. Приготовление кобальтнитритного реактива

Первый способ получения кобальтнитритного реактива: 30 г азотнокислого кобальта растворить в 60 см³ дистиллированной воды, одновременно в другом стакане 50 г нитрита натрия растворить в 100 см³ дистиллированной воды. Оба раствора слить и прибавить 10 см³ ледяной уксусной кислоты, через сутки раствор отфильтровать.

Второй способ получения кобальтнитритного реактива: 50 г хлористого кобальта растворить при нагревании в 50 см³ дистиллированной воды и отдельно 150 г нитрита натрия растворить в 500 см³ воды, растворы охладить, слить вместе и к полученной смеси добавить 50 см³ 50 %-ной уксусной кислоты, через сутки раствор отфильтровать.

Примечание. Кобальтнитритный реактив хранят в темном месте.

3.3.2. Получение калибровочных кривых

Для получения калибровочной кривой по серии эталонных растворов, содержащих 5, 10, 20, 30, 50 г/дм³ хлорида калия, что соответствует примерно (0,5—5)%, необходимо:

- а) приготовить раствор, содержащий 100 г/дм³ хлорида калия (лучше из фиксанала);
- б) в 5 мерных колб вместимостью 100 см³ внести последовательно 5, 10, 20, 30 и 50 см³ исходного раствора хлорида калия, довести до метки водой и перемешать;
- в) осаждение калия из эталонных растворов провести описанным ниже методом; по концентрации эталонных растворов и соответствующим значениям объема осадка строить калибровочную кривую.

Примечание. Для получения осадка одинаковой плотности, как в пробах фильтрата, так и в эталонных растворах, центрифугирование должно проводиться при постоянной скорости вращения и неизменном напряжении на клеммах электродвигателя центрифуги.

3.3.3. Получение осадка кобальтнитрита

Для получения осадка кобальтнитрита $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ необходимо в мерную центрифужную пробирку вместимостью 10—15 см³ отмерить пипеткой 5 см³ фильтрата, подкислить

ледяной уксусной кислотой, добавить 5 см³ кобальтнитритного реактива и 1—2 см³ дистиллированной воды. При этом должно сразу же наблюдаться выпадение осадка.

Пробирку слегка встряхнуть, закрыть резиновой пробкой и поместить в центрифугу. После 3 минут перемешивания в центрифуге измерить объем осадка.

Измеренное в см³ значение объема осадка нанести на калибровочную кривую и отсчитать по ней концентрацию калия.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называют минерализацией?
2. Почему важно знать степень минерализации применяемого бурового раствора? Какое это имеет значение в практическом аспекте?
3. Опишите процедуру определения минерализации промывочной жидкости.
4. Опишите порядок работы при определении содержания ионов кальция и магния?
5. Почему определение кальция проводят при рН = 12, а при рН = 10 оттитровываются оба катиона?
6. Зачем перед титрованием пробу промывочной жидкости нейтрализуют кислотой?
7. С какой целью перед титрованием пробу кипятят?
8. Опишите процедуру определения содержания калия в промывочной жидкости.
9. Какие существуют способы приготовления кобальтнитритного реактива? Как следует его хранить?
10. На чем основан принцип определения содержания калия в пробе промывочной жидкости?

Лабораторная работа № 4

РАЗРАБОТКА И ПРИГОТОВЛЕНИЕ УТЯЖЕЛЕННОГО БУРОВОГО РАСТВОРА

Цель работы: регулирование плотности глинистого раствора с помощью утяжелителей и изучение их влияния на свойства бурового раствора.

Оборудование и материалы: лабораторная верхнеприводная мешалка (до 1200 об/мин), секундомер, весы лабораторные, ареометр буровой АБР-1, прибор СНС-2, прибор ВБР-1, прибор ВМ-6, линейка, шпатель, барит (BaSO_4), глинопорошок, вода.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Приготовить суспензию глинопорошка заданной плотности по п. 1.1.1. Для этого к навеске глинопорошка порциями добавить необходимое количество воды и перемешивать в течение 60 мин с помощью верхнеприводной мешалки. Количество утяжелителя рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{wet}} = \frac{V \cdot \rho_w \cdot \rho_{hl} (\rho_h - \rho)}{\rho_w (\rho_{hl} - \rho_h) - W \cdot \rho_h (\rho_{hl} - \rho_w)}, \quad (4.1)$$

где

Q_{wet} — количество влажного утяжелителя, кг;

V — объем глинистого раствора, дм^3 ;

ρ , ρ_{hl} , ρ_h , ρ_w — плотность исходного бурового раствора, утяжелителя, утяжеленного раствора, воды соответственно, кг/дм^3 ;

W — влажность глинопорошка, доли единицы.

4.2. Измерить основные параметры глинистого раствора: плотность, вязкость, водоотдачу, СНС за 1 мин, СНС за 10 мин.

Если условная вязкость полученного раствора меньше 25 с, то добавить еще 10% глинопорошка, а если больше 50 с, то разбавить раствор водой и снова произвести измерение основных параметров.

4.3. Приготовить два образца утяжеленного раствора с плотностью, которую укажет преподаватель. Для этого в 1 л глинистого раствора внести требуемое количество утяжелителя (барита), которое рассчитывается по формуле 4.1. Плотность барита принять равной $4,3 \text{ кг/дм}^3$.

4.4. Измерить основные параметры утяжеленного раствора: плотность, условную вязкость, водоотдачу, СНС за 1 мин, СНС за 10 мин.

4.5. Все полученные данные внести в таблицу 4.1 и сделать вывод о влиянии утяжелителя на свойства бурового раствора.

Таблица 4.1

**Параметры исходного
и утяжеленных глинистых растворов**

Раствор	Параметры раствора				
	Плотность ρ , кг/дм^3	Условная вязкость T , с	Водоотдача B , $\text{см}^3/30 \text{ мин}$	СНС ₁ , мгс/см^2	СНС ₁₀ , мгс/см^2
Глинистый раствор					
Утяжеленный раствор №1					
Утяжеленный раствор №2					

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие группы реагентов используют для утяжеления бурового раствора? Приведите примеры реагентов из каждой группы. Какой диапазон плотности бурового раствора они охватывают?
2. Опишите порядок работы по приготовлению утяжеленного бурового раствора.
3. Как изменится вид формулы (4.1), если для приготовления бурового раствора будет использоваться абсолютно сухой глинопорошок?
4. Как внесение утяжелителя в промывочную жидкость влияет на ее основные физико-технологические свойства?

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: изучить влияние добавок химических реагентов электролитов на параметры глинистого раствора.

Оборудование и материалы: вискозиметр ВБР-1, рычажные весы-плотномер, ареометр буровой АБР-1, прибор СНС-2, прибор ВМ-6, весы лабораторные, линейка; мерные стаканы (500 и 1000 см³); глинопорошок, водный раствор кальцинированной соды с массовой долей 10%; водный раствор хлорида натрия с массовой долей 10%; жидкое стекло, каустическая сода кристаллическая, вода.

Принцип работы рычажных весов-плотномера (рис. 5.1) основан на уравнивании моментов левой и правой сторон подвижной части весов относительно опоры:

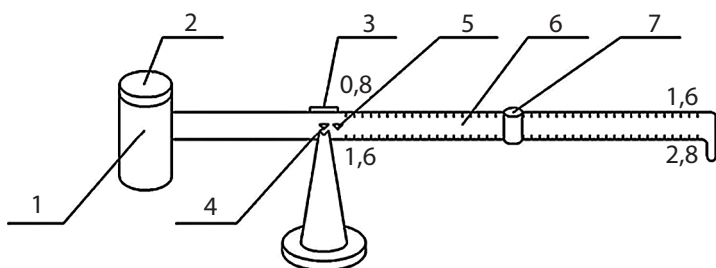


Рис.5.1. Схема рычажных весов-плотномера
(1 — мерный стакан; 2 — крышка; 3 — подушка; 4, 5 — призмы;
6 — рычаг; 7 — подвижный груз)

Измерение проводится следующим образом:

- залить исследуемую жидкость в мерный стакан 1 до верхней кромки и закрыть крышкой 2;
- удалить излишки раствора, вытекшие через специальное отверстие;
- установить подвижную часть на правую призму 5 стойки;
- передвигая вправо или влево подвижный груз 7, установить рычаг 6 в положение равновесия и снять показания плотности раствора по верхней шкале;

- если плотность раствора окажется большей, чем предел измерения по верхней шкале, то подвижную часть весов необходимо переставить на левую призму 4 и провести измерение по нижней шкале;
- после замера снять крышку, вылить раствор из стакана, промыть мерный стакан и крышку водой, протереть их насухо.

Прибор необходимо калибровать по дистиллированной воде при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. При этом показания прибора должны быть равны $1,000 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Приготовить буровой раствор, как описано в п. 1.1.1.

5.2. Перемешать исходный, не обработанный химическими реагентами глинистый раствор и замерить его основные параметры: плотность, вязкость, водоотдачу, СНС за 1 мин, СНС за 10 мин. Плотность можно определить с помощью рычажных весов-плотномера.

5.3. Обработать растворы регуляторами структурно-механических свойств в количествах, указанных преподавателем (количество и наименование указывает преподаватель).

Реагент вводить постепенно небольшими порциями, постоянно перемешивая раствор. После этого глинистый раствор тщательно перемешать и измерить его основные параметры: плотность, условную вязкость, водоотдачу, СНС за 1 мин, СНС за 10 мин.

5.4. После выполнения первичной обработки провести вторую и третью обработки растворов химическими реагентами. Измерить основные параметры глинистого раствора после каждой химической обработки. Результаты эксперимента занести в таблицу 5.4.

Каждую из обработок проводить на одном растворе, при этом суммарный процент добавки доводить до нужной величины с учетом ранее добавленного количества реагента. Необходимо учитывать, что после каждой обработки объем раствора уменьшается на 120 см^3 (раствор после измерения водоотдачи выливают).

5.5. По данным опытов построить график изменения параметров глинистого раствора в зависимости от процента добавки химического реагента.

Таблица 5.1

**Параметры глинистого раствора
в зависимости от величины добавки химического реагента**

Название, массовая доля реагента, %	Параметры глинистого раствора				
	ρ , кг/м ³	T , с	B , см ³ / 30 мин	CHC_1 , мгс/см ²	CHC_{10} , мгс/см ²

График позволяет определить характер изменения параметров бурового раствора в зависимости от количества введенного химического реагента, его эффективность и оптимальные добавки реагента для получения необходимых свойств промысловой жидкости.

Вопросы для самоконтроля:

1. Опишите порядок работы при изучении влияния электролитов на свойства глинистых буровых растворов.
2. На чем основан принцип работы рычажных весов-плотномера? Опишите процедуру измерений на этом приборе.
3. Какие характеристики глинистых буровых растворов поддаются регулированию и при помощи каких реагентов это осуществляется?
4. Какие добавки и каким образом влияют на физико-технологические свойства буровых растворов?
5. Какое применение находит в практике внесение добавок тех или иных реагентов в промысловую жидкость?

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ НАБУХАНИЯ ГЛИН

Цель работы: изучить эффективность ингибиторов набухания глин.

Оборудование и материалы: прибор СНС-2, лабораторная верхнеприводная мешалка (до 1200 об/мин), секундомер, весы лабораторные, стаканы (500 см³), прибор ВБР-1, глинопорошок, водный раствор хлорида калия с массовой долей 10%, органический ингибитор глин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

6.1. Приготовить три ингибированных глинистых раствора и один неингибированный. Для этого в четыре стакана, содержащие воду, растворы хлорида калия (5% и 10%) и раствор органического ингибитора глин, внести одинаковые навески глинопорошка и перемешивать при помощи верхнеприводной мешалки в течение 30—60 мин. Концентрация органического ингибитора глин указывается преподавателем.

6.2. Измерить условную вязкость, СНС за 1 мин и СНС за 10 мин полученных растворов, данные внести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

**Параметры неингибированного и ингибированных
глинистых растворов**

Раствор	Параметры раствора		
	Условная вязкость T , с	СНС ₁ , мгс/см ²	СНС ₁₀ , мгс/см ²
Неингибированный			
Ингибированный № 1			
Ингибированный № 2			
Ингибированный № 3			

6.3. На основании данных о реологии полученных растворов сделать вывод о влиянии природы и концентрации выбранных ингибиторов набухания глин на их эффективность.

Вопросы для самоконтроля:

1. С какой целью в буровой раствор вносят добавки ингибиторов глин?
2. Какие особенности «работы» ингибиторов и как это влияет на порядок их внесения в промывочную жидкость?
3. Какие реагенты, используемые в качестве ингибиторов набухания глин, вы можете назвать?
4. Опишите порядок работы по изучению эффективности ингибиторов набухания глин в промывочной жидкости.
5. Как добавки ингибитора влияют на свойства бурового раствора?

Лабораторная работа № 7

ПРИГОТОВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ЖИДКОСТИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

7.1. Изучение реологических свойств жидкости гидро разрыва пласта

Цель работы: исследовать реологические свойства жидкости гидро-разрыва пласта (ГРП).

Оборудование и материалы: вискозиметр ротационный Ofite 900, мешалка верхнеприводная, весы лабораторные, магнитная мешалка с нагревом, термометр, стеклянные стаканы (500 см³), универсальная индикаторная бумага, камедь гуара, тетраборат натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (бура), раствор ПАВ (лаурил сульфат натрия), гидроксид калия, гранулированный персульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, вода дистиллированная.

Главными структурными элементами ротационного вискозиметра OFITE Модель 900 (рис. 7.1) являются коаксиальные цилиндры, которыми выступают боб 1 и муфта ротора 3. Вязкое течение и сдвиговое напряжение жидкости создает крутящий момент и передает его бобу 1, который закреплен на валу с пружиной, угловое смещение которого измеряется специальным датчиком. Микропроцессор вискозиметра использует угол поворота для обработки и вывода рассчитанных характеристик исследуемой жидкости в соответствии с установленными стандартами. Установленный шаговый двигатель позволяет вискозиметру работать при низких скоростях сдвига (вплоть до $0,01 \text{ c}^{-1}$).

Для контроля температуры, а также коррекции измеряемых характеристик по температуре установлена термopара J-типа (5).

Исследуемую жидкость помещают в чашу 6, для повышения и поддержания необходимой температуры используют электрическую баню 7. Баню размещают на платформе 4, положение которой фиксируется стопорным винтом 2.



Рис. 7.1. Ротационный вискозиметр Ofite 900
(1 — боб (R1B1); 2 — стопорный винт; 3 — муфта ротора;
4 — платформа; 5 — термopapa; 6 — чаша; 7 — электрическая баня)

ПОРЯДОК РАБОТЫ НА РОТАЦИОННОМ ВИСКОЗИМЕТРЕ OFITE 900

1. Закрепить боб 1 на оси с помощью специального ключа, затем прикрутить муфту ротора 3.
2. Включить прибор в сеть. Нажать на панели кнопку Enter (при этом боб не должен быть погружен в жидкость), прибор проведет процедуру самопроверки.
3. Подсоединить электрическую баню 7, термopapa 5 и кабель USB-COM к блоку ротационного вискозиметра.
4. Заполнить чашу 6 исследуемой жидкостью по метку ($V_{bowl} = 150 \text{ см}^3$) и поместить ее в электрическую баню 7.
5. Установить электрическую баню 7 на платформу 4 и опустить корпус ротора в раствор до нанесенной отметки, регулируя глубину погружения платформой 4, затянуть стопорный винт 2. Погрузить термopapa 5 в исследуемую жидкость и зафиксировать ее.

6. В программном обеспечении ORCADA выбрать/создать необходимый шаблон теста (Test Builder) и запустить измерения кнопкой Start test.
7. Полученные данные экспортировать на жесткий диск и сохранить на своем информационном носителе.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.1.1. Приготовить 500 см³ линейного геля ГРП со следующей концентрацией компонентов: гуаровая камедь согласно пластовой температуре (см. табл. 7.1), ПАВ 0,2—0,5%.

Таблица 7.1

**Концентрация компонентов геля ГРП
для различных пластовых температур**

Пластовая температура, °С	Концентрация компонентов, г/дм ³		
	Гуар	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈
70	3	1	0,2
80	3,5	1,5	0,3
90	4	2	0,2

Для этого в воду добавить гуаровую камедь при постоянном перемешивании верхнеприводной мешалкой (600 об/мин) в течение 30 минут, затем добавить раствор ПАВ. Нагреть раствор до необходимой температуры (указывает преподаватель) на магнитной мешалке с нагревом, температуру контролировать с помощью термометра.

7.1.2. Залить линейный гель в чашу вискозиметра, добавить щелочь до достижения pH=8—12 (контролировать с помощью универсальной индикаторной бумаги), внести навеску буры согласно пластовой температуре (см. табл. 7.1) при постоянном перемешивании стеклянной палочкой. Обратить внимание на произошедшие изменения вязкости геля. Поместить чашу в баню и отрегулировать их положение, как описано выше.

7.1.3. Выставить необходимую температуру и количество оборотов равное 100 об/мин. Отметить время, за которое вязкость раствора станет постоянной.

7.1.4. Выбрать подходящий шаблон теста и провести измерения вязкости и напряжения сдвига полученного сшитого

геля на ротационном вискозиметре при 3, 6, 10, 30, 60, 100, 200, 300, 200, 100, 60, 30, 10, 6, 3 об/мин (значение скорости сдвига для соответствующей скорости вращения указаны в паспорте к прибору) и внести данные в лабораторный журнал. Использованный сшитый гель утилизировать в банку для сливов, а боб, ротор и чашу вытереть бумажными салфетками.

7.1.5. Полученные данные экспортировать на жесткий диск и сохранить на своем информационном носителе. Построить петлю гистерезиса для исследованной системы и сделать вывод о тиксотропности структуры. Построить график зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига, описать данные степенной функцией и сделать вывод о том, к какому типу жидкостей относится исследуемая система. Построить реологическую кривую для исследуемой системы.

7.2. Влияние деструктора на реологические характеристики жидкости гидроразрыва пласта

Цель работы: исследовать влияние количества и природы деструктора на реологические характеристики жидкости гидроразрыва пласта при различных температурах.

Оборудование и материалы: весы лабораторные, линейный гель (приготовленный в п. 7.1), вискозиметр ротационный Ofite 900, магнитная мешалка с нагревом, термометр, стеклянные стаканы, универсальная индикаторная бумага, вода дистиллированная, персульфат аммония, калия или натрия, гидроксид калия или натрия.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.2.1. Взять порцию линейного геля, приговорленного в п. 7.1.1., и нагреть на магнитной мешалке с нагревом до пластовой температуры, указанной преподавателем. Повторить п. 7.1.2, добавив сразу после добавления буры персульфат аммония (см. табл. 7.1).

7.2.2. В программе выбрать интервал сохранения данных 10 секунд, а DAQ-time для скорости 100 об/мин установить равным 20 минутам.

7.2.3. Выбрать подходящий шаблон теста и провести измерения вязкости полученного сшитого геля на ротационном

вискозиметре при 100 об/мин при постоянной температуре. Внести данные в лабораторный журнал. Использованный сшитый гель утилизировать в банку для сливов, а боб, ротор и чашу вытереть бумажными салфетками.

7.2.4. Построить график зависимости эффективной вязкости от времени и сделать вывод о разрушающем действии деструктора на структуру сшитого геля с течением времени при постоянной температуре.

Вопросы для самоконтроля:

1. На чем основан принцип работы вискозиметра, используемого в лабораторной работе? Опишите порядок работы на приборе.
2. Опишите порядок работы при изучении реологических свойств жидкости гидроразрыва пласта.
3. Почему необходимо обеспечивать кислотность жидкости ГРП на уровне pH выше 8?
4. Что можно сказать об исследуемой системе по виду ее реологической кривой?
5. Какую роль выполняет каждый из компонентов жидкости ГРП?
6. Опишите порядок работы при исследовании влияния деструктора на реологические характеристики жидкости ГРП.
7. Какие реагенты, кроме используемых в лабораторной работе, применяют в качестве деструкторов для жидкостей ГРП?
8. Какой вывод можно сделать о разрушающем действии деструктора в ходе лабораторной работы?

Лабораторная работа № 8

**ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ**

Цель работы: изучить реологические свойства растворов полимеров.

Оборудование и материалы: ротационный вискозиметр Ofite 900, весы аналитические, верхнеприводная мешалка, мерные цилиндры, металлическое сито с ячейкой 1 мм, водяная баня, камедь ксантана, камедь гуара, КМЦ, полиакриламид.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

8.1. Приготовить раствор полимера в воде с концентрацией 1,2, 2,4 и/или 3,8 г/дм³. Для этого навеску полимера добавить в воду при интенсивном перемешивании на верхнеприводной мешалке и перемешивать еще 30—60 мин. Профильтровать полученный раствор через сито для удаления комочков и пузырьков воды.

8.2. Измерить с помощью ротационного вискозиметра (рис. 7.1) вязкость и напряжение сдвига полученного раствора при различных скоростях сдвига. Построить зависимость вязкости и напряжения сдвига от скорости сдвига.

8.3. Выдержать раствор полимера на водяной бане в течение 60 мин при температуре $T = 70 \div 90^\circ\text{C}$. Охладить раствор до комнатной температуры и снова измерить вязкость и напряжение сдвига. Построить зависимость вязкости и напряжения сдвига от скорости сдвига.

8.4. Сравнить полученные данные и сделать вывод о термической стойкости растворов полимеров.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какими особенностями обладают растворы полимеров, в какой области они находят применение?
2. На чем основан принцип работы ротационного вискозиметра?

3. Охарактеризуйте приготовленные растворы полимеров, опираясь на зависимости вязкости и напряжения сдвига от скорости сдвига?
4. Что вы можете сказать о термической устойчивости растворов полимеров?
5. Какой вывод можно сделать о применимости растворов полимеров?

Лабораторная работа № 9

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ РАЗРУШЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

Цель работы: научиться получать эмульсии и определять их тип, изучать методы разрушения эмульсий.

9.1. Получение эмульсий

Оборудование и материалы: микроскоп; штатив с пробирками, глазные пипетки или пипетки Пастера, предметное стекло, пробиркодержатель, газовая горелка, стеклянные палочки; бензол, судан III, 2%-ный раствор олеата натрия, 30%-ный раствор MgSO_4 , водный раствор NaOH (1 %), водный раствор соляной кислоты (5%), раствор хлорида натрия (20%), масло индустриальное И-20, дистиллированная вода.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

9.1.1. Отобрать пипеткой 2 см^3 бензола в пробирку. Добавить несколько кристаллов судана III (для удобства можно использовать готовый раствор красителя судана III в бензоле), после растворения красителя добавить 2 см^3 дистиллированной воды. Пробирку плотно закрыть пробкой и энергично встряхивать для получения эмульсии.

9.1.2. Во вторую пробирку отобрать пипеткой 2 мл бензола. Добавить несколько кристаллов судана III, после растворения красителя добавить 2 см^3 2%-ного раствора олеата натрия при непрерывном взбалтывании. Пробирку плотно закрыть пробкой и энергично встряхивать для получения эмульсии.

9.1.3. Сопоставить устойчивость эмульсий в 1-й и 2-й пробирках.

9.2. Обращение фаз эмульсий

В третьей пробирке приготовить эмульсию, как описано в п. 9.1.2, и добавить при встряхивании 3—5 капель 30%-ного раствора MgSO_4 до образования устойчивой эмульсии. Определить тип эмульсий в пробирках 2 и 3 (см. п. 9.3).

9.3. Определение типа эмульсии

9.3.1. Каплю эмульсии поместить на предметное стекло (при этом следует избегать пены) и под микроскопом определить, какая часть эмульсии окрашена — дисперсионная среда или фаза.

9.3.2. Глазной пипеткой перенести по 1 капле эмульсии на предварительно обезжиренную поверхность предметного стекла и на пластинку, покрытую ровным слоем парафина. На стекле капля растекается в том случае, если эмульсия первого рода. На поверхности парафина капля этой эмульсии сохраняет сферическую форму.

9.3.3. Оставшееся количество эмульсий (пробирки 2 и 3) исследовать на способность смешиваться с водой. Для этого в обе пробирки добавить равные объемы воды. Отметить, в какой из пробирок происходит смешение эмульсии и добавляемой жидкости.

9.3.4. Приготовить новые порции эмульсий согласно п. 9.1.2 и 9.2 и исследовать на способность смешиваться с бензолом. Для этого в обе пробирки добавить равные объемы бензола. Отметить, в какой из пробирок происходит смешение эмульсии и добавляемой жидкости.

9.4. Разрушение эмульсий

9.4.1. Приготовить в пяти мерных пробирках по 4 см³ эмульсий, стабилизированных 2%-ным раствором ПАВ. Для этого отобрать пипеткой 2 см³ индустриального масла, затем добавить 2 см³ раствора ПАВ.

9.4.2. В первые три пробирки добавить по 1 см³ растворов щелочи, кислоты и хлорида натрия, закрыть все пробирки пробками и энергично перемешать. Четвертую пробирку поместить на водяную баню (60—90 °С) или подогреть содержимое над пламенем горелки, не допуская закипания жидкости. Пятую оставить в качестве контрольного образца.

9.4.3. Выдержать все пробирки в течение 1 часа, а затем определить степень разделения эмульсии по объему каждой фазы. Сделать вывод об эффективности каждого метода разделения эмульсий.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое эмульсия?
2. Приведите примеры эмульсий из повседневной жизни.
3. Какие жидкости могут образовывать эмульсии?
4. По каким признакам классифицируют эмульсии? Дайте краткую характеристику.
5. Какие существуют типы эмульсий? Приведите примеры для каждого из них.
6. Какие способы получения эмульсий вы знаете?
7. Какими способами или методами можно установить тип эмульсии?
8. Какие существуют способы обращения фаз эмульсий?
9. Как можно добиться устойчивости эмульсии?
10. Что такое эмульгаторы? Приведите примеры.
11. Назовите основные факторы стабилизирующего действия эмульгаторов; опишите механизм стабилизации эмульсии.
12. Какие способы разрушения эмульсий вам известны?
13. Какую роль играет олеат натрия, используемый в лабораторной работе?
14. Какое действие оказывает раствор сульфата магния на полученную эмульсию в лабораторной работе?

Лабораторная работа № 10

АНАЛИЗ КИСЛОТНЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: изучить характеристики кислотных растворов.

10.1. Определение концентрации кислоты в кислотном растворе

Цель работы: определить концентрацию соляной кислоты в кислотном растворе.

Оборудование и материалы: рН-метр, лабораторный штатив, мерная колба (250 см³), бюретка (25 или 50 см³), пикнометр (5 или 10 см³), колбы конические для титрования, мерный стакан (50 или 100 см³), мерная пипетка, мерный цилиндр (25 см³), фильтровальная бумага, раствор гидроксида натрия (0,1 н.), индикатор фенолфталеин для титрования, вода дистиллированная.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

10.1.1. Для определения содержания соляной кислоты в кислотном растворе используют кислотно-основное титрование. Для этого 10 см³ исходного кислотного раствора перенести в колбу вместимостью 250 см³, разбавить дистиллированной водой до метки. Из полученного разбавленного раствора отобрать аликвоту и титровать раствором NaOH известной концентрации. Для этого 10 см³ разбавленного кислотного раствора поместить в коническую колбу, добавить 25 см³ дистиллированной воды и 3—5 капель раствора фенолфталеина. По каплям при интенсивном перемешивании прикапывать стандартизированный раствор гидроксида натрия до появления устойчивой розовой окраски, которая не исчезает в течение 1 мин. Объем гидроксида натрия, затраченный на титрование, внести в таблицу 10.1. Провести минимум три параллельных титрования, результаты не должны отличаться более чем на 0,2 см³.

10.1.2. Для определения плотности кислотного раствора пикнометрическим методом необходимо взвесить пустой сухой пикнометр с известным водным числом. Затем в пикнометр пипеткой внести кислотный раствор до метки и взвесить его. Плотность вычислить по формуле (3.1).

10.1.3. Концентрацию кислоты в разбавленном кислотном растворе рассчитать по формулам:

$$C_K = \frac{C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V_K} \cdot \frac{V_2}{V_1}, \quad (10.2)$$

$$\omega_{K\%} = \frac{C_K \cdot M_K}{10 \cdot \rho_K}, \quad (10.3)$$

где

C_K — молярная концентрация анализируемого кислотного раствора, моль/дм³;

$C(\text{NaOH})$ — молярная концентрация гидроксида натрия, моль/дм³;

$V(\text{NaOH})$ — объем раствора гидроксида натрия, затраченный на титрование, см³;

V_K — объем аликвоты разбавленного кислотного раствора, взятый для титрования, см³;

V_1 — объем аликвоты анализируемого кислотного раствора, (10 см³), см³;

V_2 — общий объем разбавленного кислотного раствора (250 см³), см³;

$\omega_{K\%}$ — массовая доля кислоты в анализируемом растворе, %;

M_K — молярная масса кислоты, г/моль;

ρ_K — плотность раствора кислоты, г/см³.

Таблица 10.1

Данные по титрованию кислоты
в кислотном растворе

№ п/п	Объем анализ. раствора V , см ³	Объем титранта V , см ³	Средний объем титранта V , см ³	Молярная концентр. кислоты C_K , моль/дм ³	Массовая концентр. кислоты ω_K , %
1					
2					
3					

10.1.4. Для проведения рН-метрического титрования пробу разбавленного кислотного раствора следует разбавить в 2 раза в мерной колбе.

10.1.5. Аликвоту полученного раствора объемом 20 см³ перенести в химический стакан, поместить туда перемешивающий стержень. Стакан разместить на магнитной мешалке, отрегулировать скорость перемешивания. Комбинированный стеклянный электрод рН-метра и термодатчик погрузить в исследуемый раствор. Рядом закрепить бюретку на штативе таким образом, чтобы обеспечивался удобный процесс титрования. При интенсивном перемешивании (следите за тем, чтобы перемешивающий стержень не повредил стеклянный электрод!) прибавлять раствор гидроксида натрия сначала по 1—2 мл до рН 8—10, а затем по 0,1—0,5 см³ до рН 11—12, фиксируя показания рН-метра после каждого прибавления титранта.

10.1.6. Построить график зависимости рН от $I(\text{NaOH})$, по скачку на графике определить объем щелочи в точке эквивалентности (ТЭ) и рассчитать концентрацию кислоты по формулам (10.2) и (10.3), принимая во внимание, что проба разбавлена в 2 раза (п. 10.1.4). Если скачок виден не явно, то определить объем щелочи в ТЭ по графику $\Delta\text{pH}/\Delta I(\text{NaOH})$ от $I(\text{NaOH})$.

10.1.7. Наличие двух и более скачков свидетельствует о наличии нескольких кислот в растворе. Рассчитать концентрацию соляной кислоты аналогично п. 10.1.6. Объем NaOH, затраченный на титрование каждой кислоты, рассчитывать по разнице между двумя соседними скачками или пиками.

10.2. Определение способности кислотного раствора восстанавливать соединения железа

Цель работы: определить способность кислотного раствора восстанавливать соединения железа (III) до железа (II).

Оборудование и материалы: водяная баня, термостойкие склянки с пробками, водостойкий маркер, мерный цилиндр (100 см³) или пипетка (50 см³), стеклянная воронка, кислотный раствор, раствор FeCl₃ (125 000 ppm или 100 000 ppm), мерная градуированная пипетка (5 см³), сито с ячейкой 200 mesh, аскорбиновая кислота, пластовая вода.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

10.2.1. Налить в три склянки по 50 см³ кислотного раствора, пронумеровать их и добавить:

- в склянки № 1 и 2 — раствор FeCl₃ до концентрации 5000 ppm;
- в склянку № 3 — раствор FeCl₃ до концентрации 5000 ppm и 50 см³ пластовой воды.

10.2.2. Склянки № 2 и 3 поставить на водяную баню, предварительно нагретую до статической температуры забоя скважины, и выдержать 30 мин. Склянку № 1 оставить при комнатной температуре в качестве эталона.

10.2.3. После нагревания в течение 30 мин следует проверить все три пробы на предмет разделения фаз, помутнения, изменения цвета и/или выпадения осадка. Кислота считается непригодной, если наблюдается одно из вышеперечисленных явлений.

10.2.4. Профильтровать содержимое склянок № 2 и № 3 через сито, чтобы убедиться в отсутствии осадка.

10.2.5. Если наблюдается окрашивание раствора, выпадение осадка, разделение фаз, то раствор не пригоден для использования. Для увеличения восстанавливающей способности кислотного раствора необходимо увеличить концентрацию аскорбиновой кислоты.

10.3. Тестирование кислотного раствора на образование эмульсий и осадков с углеводородами

Цель работы: определить способность кислотного раствора образовывать эмульсии и осадки с углеводородами.

Оборудование и материалы: водяная баня, термостойкие склянки с пробками, мерный цилиндр (100 см³), стеклянная воронка, стеклянный стакан (1000 см³), мерная пипетка (5 см³), сито с ячейкой 200 mesh, водостойкий маркер, карбонат натрия, кислотный раствор, раствор FeCl₃ (125 000 ppm или 100 000 ppm), нефть или газовый конденсат.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

10.3.1. К кислотному раствору объемом 150 см³ добавить раствор FeCl₃ до концентрации 5000 ppm. Налить в три

склянки по 25, 50 и 75 см³ полученного раствора и пруну- меровать их. Уровень жидкости отметить водостойким мар- кером.

10.3.2. Пробу нефти или газового конденсата профильтро- вать через фильтр с ячейкой 200 mesh и в склянки № 1—3 долить соответственно по 75, 50 и 25 см³.

Таким образом, общий объем раствора в каждой склянке составит 100 см³.

10.3.3. Хорошо взболтать все склянки (каждую в течение 30 сек) и поставить на водяную баню, предварительно нагретую до статической температуры забоя скважины. Через 5, 10 и 30 мин отметить степень разделения фаз.

10.3.4. Налить в литровый стакан 50 см³ кислотного рас- твора, добавить карбонат натрия для понижения concentra- ции кислоты в растворе до 3%. Количество карбоната натрия рассчитывается исходя из концентрации кислоты, полученной в опыте 10.1.

10.3.5. Оставить кислоту на реагирование, пока не переста- нут выделяться пузырьки газа (около 30 мин). Добавить рас- твор FeCl₃ до концентрации 5000 ppm.

10.3.6. Полученный раствор кислоты перелить в склянку №4. Уровень жидкости отметить водостойким маркером. До- лить в склянку 50 см³ нефти или газового конденсата, закрыть крышкой. Повторить действия по п. 10.3.3.

10.3.7. Профильтровать растворы из всех четырех склянок через сито с ячейкой 200 mesh и отметить наличие осадков или сгустков. Во время фильтрации проб не следует помогать материалу проходить через сито, встряхивая сито или промывая водой.

10.3.8. Отметить наличие и объемы неразрушенных эмуль- сий и наличие осадков при фильтрации через сито. В случае наличия осадков или неразрушенных эмульсий раствор не- пригоден к использованию, необходимо увеличить количество деэмульгатора и подкорректировать рецептуру.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие типы кислотных растворов вы знаете? Назовите основные реагенты, входящие в состав таких растворов?

2. С какой целью в лабораторной работе определение концентрации кислоты в растворе проводится двумя методами?
3. Зачем в работе проводится тестирование кислотного раствора на его способность к образованию эмульсий и осадков с углеводородами? Какую роль это играет на практике?
4. Почему при использовании кислотных растворов важно изучить их способность восстанавливать соединения железа (III)?

Лабораторная работа № 11

ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ КИСЛОТНЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: изучить коррозионную активность ингибированных кислотных растворов.

Оборудование и материалы: газовая горелка, тигельные щипцы, аналитические весы, сушильный шкаф, магнитная мешалка с подогревом, линейка; термометр, стаканы термостойкие, мерный цилиндр, пипетки; кислотный раствор, ингибитор кислотной коррозии, коррозионные образцы (металлические кольца или пластины).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

11.1. Подготовить три коррозионных образца (кольца или пластины), для чего прокалить их в пламени горелки в течение 5 мин, охладить. Коррозионные образцы поместить в термостойкий стакан так, чтобы площадь соприкосновения с раствором была максимальной, а также чтобы обеспечивалось перемешивание. Полностью залить исследуемые образцы кислотным раствором из мерного цилиндра. Отметить затраченный объем. Протравить в течение 10 мин. Затем образцы промыть дистиллированной водой, просушить фильтровальной бумагой и высушить в сушильном шкафу (120 °С) до постоянной массы.

11.2. Измерить линейные размеры и массу коррозионных образцов, полученные данные внести в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Параметры коррозионных образцов

№ образца	m_1 , г	m_2 , г	R , мм	r , мм	h , мм	v_k , г/(час·м ²)

11.3. Коррозионные образцы поместить в термостойкий стакан, залить кислотным раствором, добавить 0,5—2% ингибитора коррозии и выдержать 3—4 часа при температуре пласта (указывает преподаватель).

11.4. По истечению указанного времени коррозионные образцы извлечь, промыть водой, просушить фильтровальной бумагой, высушить и взвесить. По потере массы рассчитать скорость коррозии v_c , г/(час·м²):

$$v_c = \frac{(m_1 - m_2)}{t \cdot S}, \quad (11.1)$$

где

m_1 и m_2 — соответственно начальная и конечная массы образца, г;

t — время, ч;

S — площадь поверхности образца, м².

11.5. Полученные данные внести в таблицу 11.1.

Примечание! Площадь поверхности кольца рассчитывается по формуле:

$$S = 2\pi[(R^2 - r^2) + (R + r)h],$$

где

R и r — соответственно наружный и внутренний радиусы кольца, м;

h — высота кольца, м.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего в составе кислотного раствора используют ингибиторы?
2. Какие типы ингибиторов вам известны?
3. Назовите основные характеристики ингибиторов кислотной коррозии.
4. С какой целью в начале лабораторной работы прокаливают коррозионные образцы и протравливают в кислотном растворе?
5. Почему в опыте для определения скорости коррозии используют три отдельных образца?

Лабораторная работа № 12

РАЗРАБОТКА ЖИДКОСТИ ГЛУШЕНИЯ ЗАДАННОЙ ПЛОТНОСТИ БЕЗ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

Цель работы: научиться рассчитывать плотность жидкости глушения в зависимости от требуемых условий.

Оборудование и материалы: весы лабораторные, шпатели; колбы мерные, воронки, пикнометры; хлорид натрия, хлорид калия, хлорид кальция, хлорид аммония, вода дистиллированная.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

12.1. Рассчитать требуемую плотность жидкости глушения по формуле (12.1), чтобы она обеспечивала противодействие на забое скважины равное пластовому давлению (информацию о глубине скважины и пластовом давлении взять у преподавателя).

$$\rho = \frac{P}{g \cdot h}, \quad (12.1)$$

где

ρ — плотность жидкости глушения, кг/м³;

P — пластовое давление, Па = Н/м²,

g — ускорение свободного падения, 9,81 Н/кг,

h — глубина скважины, м.

12.2. Пользуясь данными таблицы 12.1, вычислить требуемое количество соли для приготовления 100 см³ раствора с требуемой плотностью.

12.3. Для нахождения плотности раствора использовать пикнометр. Найти плотность по формуле (3.1).

12.4. Рассчитать температуру замерзания полученных растворов по формулам (12.2, 12.3):

$$T_{cr} = T_{cr,0} - \Delta T_{cr}, \quad (12.2)$$

$$\Delta T_{cr} = iK m, \quad (12.3)$$

где

T_{cr} — температура замерзания раствора, К;

$T_{cr,0}$ — температура замерзания растворителя, К;
 ΔT_{cr} — понижение температуры замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания растворителя, К;
 K — криоскопическая константа воды, $-1,86 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$;
 i — изотонический коэффициент;
 m — моляльность раствора, $\text{моль}/\text{кг}$.

Таблица 12.1

Зависимость плотности от концентрации растворов солей

Хлорид аммония		Хлорид натрия		Хлорид калия		Хлорид кальция	
Конц., г/дм ³	Плотность раствора, г/см ³	Конц., г/дм ³	Плотность раствора, г/см ³	Конц., г/дм ³	Плотность раствора, г/см ³	Конц., г/дм ³	Плотность раствора, г/см ³
10,01	1,0013	10,05	1,0053	10,05	1,0046	10,07	1,007
20,09	1,0045	20,25	1,0125	20,22	1,011	20,3	1,0148
40,43	1,0107	41,07	1,0268	40,96	1,0239	41,26	1,0316
61,01	1,0168	62,48	1,0413	62,21	1,0369	62,92	1,0486
81,82	1,0227	84,47	1,0559	84	1,05	85,27	1,0659
102,86	1,0286	107,07	1,0707	106,33	1,0633	108,35	1,0835
124,13	1,0344	130,28	1,0857	129,22	1,0768	132,18	1,1015
145,61	1,0401	154,13	1,1009	152,67	1,0905	156,77	1,1198
167,31	1,0457	178,59	1,1162	176,69	1,1043	182,18	1,1386
189,22	1,0512	203,74	1,1319	201,33	1,1185	208,4	1,1578
211,34	1,0567	229,56	1,1478	226,46	1,1323	235,5	1,1775
233,66	1,0621	256,08	1,164	252,43	1,1474	263,5	1,1976
-	-	283,3	1,1804	278,95	1,1623	292,3	1,2180

12.5. Сделать вывод о возможности применения полученных растворов в зимнее время.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каким требованиям должна отвечать жидкость глушения?
2. Перечислите факторы, которые следует учитывать при выборе блокировочной жидкости.
3. Сравните противодавления, которые независимо друг от друга будут создавать растворы хлорида аммония с массовой концентрацией 124,13 г/дм² и хлорида кальция — 41,26 г/дм³ на глубине 250 м.
4. При какой температуре будет замерзать раствор хлорида калия плотностью 1,05 г/см³?
5. Почему важно учитывать способность растворов блокирования к замерзанию? И всегда ли это необходимо?
6. Какой концентрации должен быть водный раствор хлорида кальция при его эксплуатации в качестве жидкости глушения в условиях низких температур (−20 °С; −30 °С; −40 °С)?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов А. И. Справочник по промывке скважин / А. И. Булатов, А. И. Пеньков, Ю. М. Проселков. — М.: Недра, 1984. — 317 с.
2. Ганджумян Р. А. Расчеты в бурении / Р. А. Ганджумян, А. Г. Калинин, Н. И. Сердюк / Справочное пособие. — М.: РГГРУ, 2007. — 668 с.
3. Дмитрук В. В. Повышение эффективности глушения скважин Уренгойского месторождения / В. В. Дмитрук, С. Н. Рахимов, А. А. Бояркин, Е. Н. Штахов // Нефтяное хозяйство. — 2009. — № 4. — С. 1—4.
4. Кузнецов Д. С. Гидравлический разрыв пласта / Д. С. Кузнецов, Т. Е. Кулагина, Д. А. Малахов, В. П. Меркулов. — Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та. — 2010. — 222 с.
5. Паспорт проведения тестов согласно стандартам ТНК-ВР по проведению кислотных обработок с применением реагентов производства Chevron-Phillips и ингибированных кислот производства ОАО «Химпром» и ОАО «Стерлитамак». — Бузулук: ПромТехнологии. — 2009. — 28 с.
6. Рябчиков С. Я. Лабораторный практикум по бурению разведочных и геотехнологических скважин / С. Я. Рябчиков, В. Х. Храменков, В. И. Брылин. — Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та. — 2008. — 200 с.
7. Рязанов Я. А. Энциклопедия по буровым растворам / Я. А. Рязанов — Оренбург: Изд-во «Летопись». — 2005. — 664 с.
8. Трефилова Т. В. Регулирование свойств буровых технологических жидкостей. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Буровые технологические жидкости»: учебное издание / Т. В. Трефилова, А. Г. Миловзоров. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский ун-т». — 2012. — 38 с.

Навчальне видання

КАЛУГІН Олег Миколайович
БАРАБАН Андрій Юрійович
РЯБЧУНОВА Анастасія Валеріївна
БАТРАК Анастасія Сергіївна

ХІМІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗЧИНІВ

Навчальний посібник

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт

(російською мовою)

Головний редактор *О. В. Красовицький*
Відповідальна за випуск *Г. С. Таран*
Художній редактор *О. А. Гугалова*
Комп'ютерна верстка: *О. В. Підлісна*
Коректор *А. М. Гопаченко*

Підписано до друку 29.12.16. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Умов. друк. арк. 4,00. Облік.-вид. арк. 2,96.
Тираж 500 прим. Замовлення №

ТОВ «Видавництво Фоліо»
вул. Римарська, 21А, м. Харків, 61057
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 3194 від 22.05.2008

Електронна адреса:
www.folio.com.ua
E-mail: market@folio.com.ua
Інтернет-магазин:
www.bookpost.com.ua

Надруковано з готових позитивів
у ТОВ «Видавництво Фоліо»
вул. Римарська, 21А, м. Харків, 61057
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 3194 від 22.05.2008

Химия технологических растворов: учеб. пособие: метод. указ. к выполнению лабораторных работ / О.Н. Калугин, А.Ю. Барабан, А.В. Рябчунова, А.С. Батрак; худож.-оформ. В.Н. Карасик. — Харьков: Фолио, 2016. — 60 с.
ISBN 978-966-03-7730-1.

Методические указания содержат описание лабораторных работ по курсу «Химия технологических растворов» для студентов 5-го курса образовательного уровня «магистр», обучающихся по образовательной программе «Экогеохимия нефти и газа». Лабораторные работы посвящены исследованию физико-химических свойств основных типов технологических жидкостей, используемых в добыче углеводородов, — буровых растворов, промывочных жидкостей, эмульсий, растворов полимеров, жидкостей гидроразрыва пласта, кислотных растворов, жидкостей глушения и др.

УДК 544.35+550.85(075.8)
ББК 24.46+26.325.31я73

Методичні вказівки містять опис лабораторних робіт з курсу «Хімія технологічних розчинів» для студентів 5-го курсу освітнього рівня «магістр», що навчаються за освітньою програмою «Екогеохімія нафти та газу». Лабораторні роботи присвячені дослідженню фізико-хімічних властивостей основних типів технологічних рідин, що використовуються при видобутку вуглеводнів, — бурових розчинів, промивних рідин, емульсій, розчинів полімерів, рідин гідророзриву пласта, кислотних розчинів, рідин глушіння та ін.