

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению лабораторных работ по дисциплине  
«Химия буровых и тампонажных растворов»  
для студентов специальности 21.05.06 Нефтегазовые  
техника и технологии  
специализация «Технология бурения нефтяных и  
газовых скважин»**

Ставрополь, 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Лабораторная работа 1. Гранулометрический анализ глин.....                                            | 4  |
| Лабораторная работа 2. Определение содержания твердой фазы воды в<br>пресных глинистых растворах..... | 7  |
| Лабораторная работа 3. Определение тонкости помола утяжелителя ....                                   | 10 |
| Лабораторная работа 4. Определение растекаемости утяжеленной пульпы..                                 | 14 |
| Лабораторная работа 5. Определение плотности утяжелителей .....                                       | 16 |
| Литература.....                                                                                       | 19 |

## Лабораторная работа 1

### ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН

**Цель и содержание работы:** изучение методов гранулометрического анализа глин.

#### Теоретическое обоснование

Под гранулометрическим, или механическим, составом глины понимается относительное содержание в ней (по весу) частиц различной величины. Гранулометрический состав является одним из важных факторов, определяющих физические свойства глин: пластичность, пористость, сопротивление сдвигу, набухание, сжимаемость, усадку, высоту капиллярного поднятия, водопроницаемость и др. Изменение гранулометрического состава глин вызывает изменение их свойств.

Гранулометрический анализ состоит в расчленении глины на группы с близкими по величине частицами - фракциями. Размер частиц обычно определяют по диаметру и выражают в мм. Определение гранулометрического состава необходимо для решения ряда практических вопросов.

В настоящее время разработано много способов гранулометрического анализа глин.

1. Глазомерный, или визуальный, способ, заключающийся в сравнении на глаз или с помощью лупы изучаемого состава глины с эталонами, состав которых известен.

2. Полевые способы Филатова и Рутковского, заключающиеся в оценке гранулометрического состава глины по числу набухания и механическому числу, определяемым в специальной воронке и трубке.

3. Ситовый способ - рассеивание грунта на ситах.

4. Гидравлические способы, основанные на различии скорости падения частиц разной крупности в воде (метод отмучивания в спокойной воде, методы разделения током воды).

5. Непрерывные способы анализа, среди которых можно выделить:

а) способы, основанные на последовательном взятии проб из приготовленных суспензий (пипеточный анализ);

б) способы, основанные на учете изменения плотности или гидростатического давления суспензии (ареометрический анализ);

в) центрифугирование - способ, основанный на разной скорости осаждения частиц разной крупности центробежной силой, развивающейся при вращении центрифуги (величина центробежной силы в ультрацентрифугах современной конструкции в 500 000 - 900 000 раз превышает силу земного тяготения).

Наибольшее распространение в инженерно-геологической практике получили следующие методы гранулометрического анализа: 1) ситовый анализ; 2) метод двойного отмучивания; 3) пипеточный метод; 4) ареометрический анализ; 5) метод Рутковского.

В данной лабораторной работе будет рассматриваться только ситовый анализ.

#### **Аппаратура и материалы**

1. Набор сит с размерами ячейки в свету 1,25, 1,0, 0,8, 0,63, 0,5, 0,4, 0,315, 0,25, 0,125, 0,1, 0,08 мм.
2. Резиновый пестик.
3. Ложка.
3. Лабораторные весы с точностью измерения до 0,01 г.
4. Глинопорошок.

#### **Указания по технике безопасности**

1. Лабораторная работа выполняется только после инструктажа по технике безопасности с обязательной росписью студентов в журнале по технике

безопасности.

2. Допуск к приборам студентов, выполняющих лабораторную работу, осуществляется только в присутствии преподавателя.

### **Методика и порядок выполнения работы**

1. Довести глинистый порошок до воздушно-сухого состояния. Для этого рассыпать его на листе бумаги, растереть все крупные комки и структурные агрегаты резиновым пестиком и оставить на бумаге в течение 1 - 2 сут.

2. Взять среднюю навеску: высушенный на воздухе образец тщательно перемешать, шпателем или ложкой распределить по листу бумаги тонким слоем в несколько миллиметров и разделить на квадраты со сторонами 3,5 - 4,0 см. Из каждого квадрата взять ложкой небольшую часть порошка в таком количестве, чтобы из всех квадратов собрать навеску примерно 200 г (можно брать целые квадраты в шахматном порядке).

3. Отобранную пробу взвесить с точностью до 0,01 г и пропустить через всю колонну сит, вложенных одно в другое, до полного разделения гли-нопорошка. Просеивание осуществляется с помощью горизонтального встряхивания.

4. Содержимое каждого сита взвесить на технических весах и выразить в процентах к общей навеске.

Для контроля сложить веса отдельных фракций и сравнить полученное значение с первоначальным весом пущенного в анализ образца. Расхождение до 1 % считается нормальным. Довольно большое расхождение показывает, что допущена ошибка или грубая утеря частиц образца, анализ в этом случае должен быть повторен. Допустимое расхождение в параллельных анализах  $\pm 1$  % (абсолютный) для каждой фракции, если ее содержание менее 10%, и  $\pm 3$ %, если ее содержание более 10%.

### Содержание отчета и его форма

1. В отчете должны быть приведены:

- номер лабораторной работы, ее тема и цель работы;
- краткая теория по теме работы;
- аппаратура и материалы;
- методика и порядок выполнения работы;
- результаты работы должны быть занесены в таблицу Таблица
- Результаты гранулометрического анализа глины

| №<br>пп. | Остаток на сите, г / %, при размере ячеек сит, мм |     |     |      |     |     |       |      |       |     |      | Масса на-<br>вески, г |
|----------|---------------------------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-------|------|-------|-----|------|-----------------------|
|          | 1,25                                              | 1,0 | 0,8 | 0,63 | 0,5 | 0,4 | 0,315 | 0,25 | 0,125 | 0,1 | 0,08 |                       |
|          |                                                   |     |     |      |     |     |       |      |       |     |      |                       |

- делается вывод о степени неоднородности частиц глины.

### Контрольные вопросы к защите работы

1. Что такое гранулометрический или механический состав глин?
2. Из чего состоит гранулометрический анализ глин?
3. Какие существуют способы гранулометрического анализа глин?
4. Как выполняется работа?

### Лабораторная работа 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ

#### СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ И ВОДЫ В ПРЕСНЫХ ГЛИНИСТЫХ

**РАСТВОРАХ** Цель и содержание работы: изучение способа определения содержания твердой фазы и воды в пресных глинистых растворах.

#### Теоретическое обоснование

Твердую фазу бурового раствора составляют глина, утяжелитель, примеси песка и силама. Чем больше в буровом растворе твердой фазы, тем хуже

показатели работы буровых долот. Присутствие в растворе твердых частиц приводит к увеличению его плотности и вязкости, росту гидравлических сопротивлений, повышенному износу деталей гидравлического оборудования, увеличенному расходу энергии и усложнению обслуживания циркуляционной системы.

Детальный анализ показывает, что различные компоненты твердой фазы бурового раствора в разной степени снижают механическую скорость бурения.

Определение содержания твердой фазы и воды в буровом растворе можно производить с помощью установки ТФН-1, методом экстракции или методом высушивания.

Метод высушивания основан на удалении из пробы бурового раствора дисперсионной среды и вымывании растворимых солей.

Определение содержания твердой фазы и воды в пресных глинистых растворах производится взвешиванием после высушивания глинистого раствора.

### **Аппаратура и материалы**

1. Лабораторные весы с точностью измерения до 0,01 г.
2. Фарфоровая чашка.
3. Сушильный шкаф.
4. Эксикатор.
5. Утяжелитель.

### **Указания по технике безопасности**

1. Лабораторная работа выполняется только после инструктажа по технике безопасности с обязательной росписью студентов в журнале по технике

безопасности.

2. Допуск к приборам студентов, выполняющих лабораторную работу, осуществляется только в присутствии преподавателя.

### **Методика и порядок выполнения работы**

В предварительно высушенную и взвешенную фарфоровую чашку наливают глинистый раствор (около 50 г), взвешивают вместе с чашкой, высушивают в сушильном шкафу на верхней полочке при температуре приблизительно 100 °С до постоянного веса. Первое взвешивание производится примерно через 6 ч, повторные - через 1 ч. Вес считается постоянным, если разность между двумя последовательными взвешиваниями менее 0,01 г.

Пробы перед каждым взвешиванием выдерживают в эксикаторе с безводным хлористым кальцием до охлаждения.

В процессе определения процента твердой фазы необходимо ставить две параллельные пробы. Процент твердой фазы вычисляется по формуле

$$x = [(B_2 - B) / (B_1 - B)]100, \text{ где}$$

x - весовой процент твердой фазы;

B - вес высушенной чашки;

B<sub>1</sub> - вес чашки с глинистым раствором;

B<sub>2</sub> - вес чашки с высушенной пробой.

### **Содержание отчета и его форма**

1. В отчете должны быть приведены:

- номер лабораторной работы, ее тема и цель работы;
- краткая теория по теме работы;
- аппаратура и материалы;
- методика и порядок выполнения работы;

- результаты работы должны быть занесены в таблицу.

Таблица - Результаты определения содержания твердой фазы и воды в пресных глинистых растворах

| № опы-та | Вес высушенной чашки (В), г | Вес чашки с глинистым раствором (В <sub>1</sub> ), г | Вес чашки с высушенной пробой (В <sub>2</sub> ), г | Весовой процент твердой фазы (х), % |
|----------|-----------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|
|          |                             |                                                      |                                                    |                                     |
|          |                             |                                                      |                                                    |                                     |

### Контрольные вопросы к защите работы

1. Как определяется содержание твердой фазы и воды в пресных глинистых растворах?
2. Как выполняется работа?

### Лабораторная работа 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА

**УТЯЖЕЛИТЕЛЯ** Цель и содержание работы: изучение методов определения тонкости помола утяжелителя

#### Теоретическое обоснование

Буровые растворы, приготовленные на основе бентонитовых глин, имеют плотность 1,05 - 1,08 г/см<sup>3</sup>. Когда необходим раствор большей плотностью, используют добавки тонко размолотых порошков инертных тяжелых материалов- утяжелителей.

Основной показатель качества любого утяжелителя - утяжеляющая способность, которая характеризуется максимально достижимой плотностью бурового раствора при определенном содержании твердой фазы и сохранении им оптимальных структурно-реологических, фильтрационных и других свойств.

Утяжеляющая способность материала зависит от его плотности, дисперсности, гидрофильности, химического и минералогического составов.

Она в значительной степени определяется степенью дисперсности (тонкостью помола) материала. Утяжелители крупного помола вызывают ухудшение седиментационной устойчивости буровых растворов и усиление абразивного износа бурового оборудования. Однако с повышением степени дисперсности увеличивается адсорбционная и структурообразующая способность утяжелителя, последний превращается в активный компонент, увеличивающий вязкость и структурно-реологические свойства бурового раствора. При разжижении раствора плотность его снижается.

Следовательно, очень высокая степень дисперсности приводит к уменьшению утяжеляющей способности материала. Поэтому дисперсность утяжелителей регламентируется как по содержанию фракций крупных размеров, так и фракций коллоидных (2 мкм) и близких к ним размеров.

Размеры частиц утяжелителя обуславливают величину поверхности, по которой проходит реакция взаимодействия с водой.

Тонкость помола частиц утяжелителя имеет большое влияние на свойства буровых растворов, и в первую очередь - на их седиментационную устойчивость.

Тонкость помола может определяться двумя способами: мокрым и сухим.

### **Аппаратура и материалы**

1. Лабораторные весы с точностью измерения до 0,01 г.
2. Сита с размером ячеек в свету 0,09 - 0,08 мм.
3. Коническая колба объемом 250 см<sup>3</sup>.
4. Эксикатор.
5. Сушильный шкаф.

6. Кисточка.
7. Утяжелитель.

### **Указания по технике безопасности**

1. Лабораторная работа выполняется только после инструктажа по технике безопасности с обязательной росписью студентов в журнале по технике безопасности.
2. Допуск к приборам студентов, выполняющих лабораторную работу, осуществляется только в присутствии преподавателя.

### **Методика и порядок выполнения работы**

#### *Определение тонкости помола мокрым способом*

100 г пробы утяжелителя доводят до постоянного веса при температуре 105 - 110° С. После выдержки в эксикаторе и охлаждения проба перемешивается и из нее отбирают навеску 10 г, которую насыпают в коническую колбу емкостью 250 см<sup>3</sup>, заливают водой до половины объема колбы и взмучивают.

Тонкая взвесь, полученная после взмучивания, сливается через сито с размером ячеек 0,09 - 0,08 мм, предварительно смоченное водой. Промывка через сито производится до тех пор, пока сливаемая жидкость над осадком не начинает светлеть. Осадок из колбы попадает на сито и промывается водой в течение 10 - 15 мин, пока проходящая сквозь сито вода не станет совершенно прозрачной.

В процессе промывки напор воды должен быть так отрегулирован, чтобы не происходило разбрызгивания. Остаток, не прошедший через сито, высушивают при температуре 105 - 110 °С, выдерживают в эксикаторе, охлаждают и взвешивают.

Для выражения остатка на сите в процентах вес его в граммах умножа

ют на 10.

*Определение тонкости помола сухим способом* Отобранную из высушенной до постоянного веса и охлажденной пробы навеску утяжелителя 10 г высыпают на сухое сито и кисточкой протирают на белую бумагу до прекращения просеивания. Остаток осторожно переносят на предварительно взвешенное часовое стекло и взвешивают еще раз. Для выражения остатка на сите в процентах вес его в граммах умножают на 10.

В случае необходимости производится полный рассев утяжелителя на наборе стандартных сит.

### Содержание отчета и его форма

1. В отчете должны быть приведены:

- номер лабораторной работы, ее тема и цель работы;
- краткая теория по теме работы;
- аппаратура и материалы;
- методика и порядок выполнения работы;
- результаты работы должны быть занесены в таблицу Таблица -

Результаты определения тонкости помола утяжелителя

| Способ<br>определения | Масса пробы утяжелителя, г | Остаток на сите,<br>г | Остаток на<br>сите, % |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Мокрый метод          |                            |                       |                       |
| Сухой метод           |                            |                       |                       |

### Контрольные вопросы к защите работы

1. Что такое тонкость помола?
2. Как выполняется работа?

**Лабораторная работа 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЕКАЕМОСТИ УТЯЖЕЛЕННОЙ**

**ПУЛЬПЫ** **Цель и содержание работы:** определение качества утяжелителя по растекаемости его пульпы **Теоретическое обоснование**

При добавлении утяжелителя изменяется минерализация дисперсной среды, так как он содержит растворимые соли различных катионов, вызывающих загустевание раствора. В результате создаются условия для вспенивания, что ведет к изменению плотности и увеличению вязкости.

Дисперсность утяжелителя обуславливает значительную величину его удельной поверхности. В зависимости от адсорбционных свойств частицы утяжелителя могут связать значительные количества реагента, самостоятельно создавая системы, обладающие определенными структурными свойствами. Даже чистые суспензии тонкозернистого утяжелителя обладают структурно-механическими свойствами.

Утяжелители не являются нейтральными компонентами глинистых растворов, они существенно влияют на изменение их свойств, в частности, на их вязкость и плотность. Влияние утяжелителя на свойства глинистого раствора обуславливается качеством утяжелителя, которое в свою очередь определяется по растекаемости утяжеленной пульпы.

Определение растекаемости утяжеленной пульпы производится с помощью конуса АзНИИ, представляющего собой усеченный конус объемом 120 см<sup>3</sup>, с верхним диаметром  $36 \pm 0,5$  мм в свету и высотой  $60 \pm 0,5$  мм. Растекаемость утяжеленной пульпы для утяжелителя хорошего качества должна быть не менее 15.

### **Аппаратура и материалы**

1. Конус АзНИИ.
2. Кружка вискозиметра.
3. Лабораторные весы.
4. Утяжелитель.

### **Указания по технике безопасности**

1. Лабораторная работа выполняется только после инструктажа по технике безопасности с обязательной росписью студентов в журнале по технике безопасности.
2. Допуск к приборам студентов, выполняющих лабораторную работу, осуществляется только в присутствии преподавателя.

### **Методика и порядок выполнения работы**

При определении растекаемости пульпы конус помещается на горизонтально установленное стекло, под которым находится другое стекло с начерченными на нем концентрическими кругами, отстоящими один от другого на расстоянии 5 мм. Диаметр наибольшего круга равен 250 мм, наименьшего - 100 мм.

Для установки конуса в центре нижнего стекла нанесен круг, диаметр которого равен нижнему диаметру конуса. В процессе приготовления утяжеленной пульпы в кружку вискозиметра наливается 125 см<sup>3</sup> пресной воды (25 % от веса утяжелителя), затем насыпается 500 г испытуемого утяжелителя. Смесь тщательно перемешивается. Полученная пульпа наливается в конус до краев, после чего конус плавно поднимают в вертикальном направлении. Величину растекаемости определяют отсчетом диаметра расплыва с помо

щью концентрических кругов в двух направлениях, соответствующих наибольшему и наименьшему диаметрам расплыва. Среднее из этих двух значений принимается за величину растекаемости.

Растекаемость утяжеленной пульпы для утяжелителя хорошего качества должна быть не менее 15 см.

### **Содержание отчета и его форма**

1. В отчете должны быть приведены:

- номер лабораторной работы, ее тема и цель работы;
- краткая теория по теме работы;
- аппаратура и материалы;
- методика и порядок выполнения работы;
- делается вывод о качестве исследуемого утяжелителя.

### **Контрольные вопросы к защите работы**

1. Как выполняется работа?
2. Как оценивается качество утяжелителя?

## **Лабораторная работа 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ УТЯЖЕЛИТЕЛЕЙ**

**Цель и содержание работы:** изучение метода определения плотности утяжелителя

### **Теоретическое обоснование**

Основной показатель качества любого утяжелителя - утяжеляющая способность, которая характеризуется максимально достижимой плотностью бурового раствора при определенном содержании твердой фазы и сохране

нии им оптимальных структурно-реологических, фильтрационных и других свойств.

Утяжеляющая способность материала в первую очередь определяется его плотностью. Утяжелители с более высокой плотностью имеют меньшую объемную концентрацию, а следовательно, получают меньшие значения вязкости при одной и той же плотности. Меньшее значение твердой фазы в буровом растворе способствует улучшению технико-экономических показателей бурения. Чем выше плотность утяжелителя, тем большее количество его можно ввести в раствор без существенного изменения свойств раствора и тем меньше его расход для получения одной и той же плотности. Особенно заметно это проявляется при утяжелении до высоких величин плотности буровых растворов.

Плотностью называется масса единицы объема.

Плотность утяжелителей определяют пикнометром Ле-Шателье или упрощенным пикнометром.

Пикнометр Ле-Шателье представляет собой стеклянную колбу, горло которой в средней ее части расширено в виде резервуара. Объем резервуара составляет 20 см<sup>3</sup>, сверху и снизу имеются метки. Верхняя шейка колбы градуирована через 0,2 см<sup>3</sup>.

### **Аппаратура и материалы**

1. Лабораторные весы с точностью измерения до 0,01 г.
2. Пикнометр.
3. Углеводородная жидкость.
4. Утяжелитель.

### **Указания по технике безопасности**

1. Лабораторная работа выполняется только после инструктажа по тех

нике безопасности с обязательной росписью студентов в журнале по технике безопасности.

2. Допуск к приборам студентов, выполняющих лабораторную работу, осуществляется только в присутствии преподавателя.

### Методика и порядок выполнения работы

Утяжелитель, высушенный до постоянного веса при температуре 105 - 110° С, охлаждается в эксикаторе и отвешивается 100 г с точностью до 0,01 г.

Взвешивают пустой пикнометр с точностью до 0,01 г ( $M_1$ ).

В пикнометр заливают до метки углеводородную жидкость и взвешивают ( $M_2$ ).

Зная объем пикнометра и массы пустого пикнометра ( $M_1$ ) и пикнометра с жидкостью ( $M_2$ ) определяется плотность углеводородной жидкости ( $\rho_{\text{угл.ж}}$ ) по формуле:

$$\rho_{\text{угл.ж}} = (M_2 - M_1) / V^*$$

где  $V^*$  - объем пикнометра.

Выливают жидкость из пикнометра в емкость с углеводородной жидкостью.

Взвешивают 10 г утяжелителя ( $M_y$ ), осторожно всыпают его в пикнометр и доливают до метки углеводородную жидкость и взвешивают ( $M_3$ ).

Плотность утяжелителя ( $\rho_{\text{утяж}}$ ) определяется по формуле:

$$\rho_{\text{утяж}} = \frac{M_y}{M_3 - M_2}$$

### М.Содержание отчета и его форма

1. В отчете должны быть приведены:

- номер лабораторной работы, ее тема и цель работы;
- краткая теория по теме работы;

- аппаратура и материалы;
- методика и порядок выполнения работы;
- результаты работы должны быть занесены в таблицу.

Таблица - Результаты определения плотности утяжелителя

| № опыта | Масса<br>пустого<br>пикнометра<br>( $M_1$ ), г | Масса<br>пикнометра<br>с жидко-<br>стью ( $M_2$ ), г | Объем<br>пик-<br>номет-<br>ра<br>( $V$ ),<br>$\text{см}^3$ | Плотность<br>углеводо-<br>родной<br>жидкости<br>( $\rho_{\text{угл.ж}}$ ),<br>$\text{г/см}^3$ | Масса<br>навески<br>утяже-<br>лителя ( $M_y$ ),<br>г | Масса пикно-<br>метра с утя-<br>желителем и<br>углеводородной<br>жидкостью ( $M_3$ ), г | Плотность<br>утяжели-<br>теля<br>( $\rho_{\text{утяж}}$ ),<br>$\text{г/см}^3$ |
|---------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|         |                                                |                                                      |                                                            |                                                                                               |                                                      |                                                                                         |                                                                               |
|         |                                                |                                                      |                                                            |                                                                                               |                                                      |                                                                                         |                                                                               |

### Контрольные вопросы к защите работы

1. Что такое плотность?
2. Как выполняется работа?

### Литература

1. Булатов А. И., Макаренко П. П., Проселков Ю. М. Буровые промывочные и тампонажные растворы: Учебное пособие для вузов. М.: Недра 1999. - 424 с.

2. Проселков Ю. М., Проселков Е. Б. Лабораторный практикум по буровым промывочным и тампонажным растворам: Учебное пособие для вузов. Краснодар, 1999.