



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный
технический университет

Кафедра «Горные работы»

И. А. Саб
Т. М. Шапockая

БУРОВЫЕ ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ

Методическое пособие



Минск
БНТУ
2012



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Горные работы»

**М. А. Бабец
Т. И. Саноцкая**

БУРОВЫЕ ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ

Методическое пособие

**Минск
БНТУ
2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные работы»

М. А. Бабец
Т. И. Саноцкая

БУРОВЫЕ ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ

Методическое пособие
для студентов специальности
1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых»
специализации 1-51 02 01-04 «Буровые работы»

Минск
БНТУ
2012

УДК 622.244.44 (075.8)

ББК 33.131я7

Б12

Р е ц е н з е н т ы :

начальник отдела геотехнологий Республиканского унитарного предприятия
«Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт»,

канд. техн. наук *В. П. Ильин*;

зам. начальника геологического отдела Республиканского унитарного
предприятия «Белгеология» канд. геол.-минералог. наук *Г. Л. Фурсиков*

Бабец, М. А.

Б12 Буровые промысловые жидкости : методическое пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» специализации 1-51 02 01-04 «Буровые работы» / М. А. Бабец, Т. И. Саноцкая. – Минск : БНТУ, 2012. – 75 с.

ISBN 978-985-525-912-2.

Может использоваться для повышения квалификации рабочего персонала производственных организаций, осуществляющих бурение скважин, служить практическим пособием для технологов геологоразведочных организаций и частных буровых компаний.

Материалы предоставлены В. С. Войтенко, А. А. Крицуком.

УДК 622.244.44 (075.8)

ББК 33.131я7

ISBN 978-985-525-912-2

© Бабец М. А., Саноцкая Т. И., 2012

© Белорусский национальный
технический университет, 2012

Введение

При бурении скважин для их промывки и продувки применяются жидкие и газообразные очистные агенты. Основным и наиболее распространенным типом очистного агента являются буровые промывочные жидкости (ПЖ).

1. ФУНКЦИИ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

При бурении скважин промывочные жидкости выполняют функции:

а) *Гидродинамические:*

- вынос продуктов разрушения горных пород из скважин и освобождение от них на дневной поверхности (термины «промывочная жидкость», «очистной агент» характеризуют функцию удаления шлама из скважины, как основную);

- размыв горной породы на забое скважины, очистка долота;

- привод забойных двигателей, ударных машин, эжекторных устройств в составе компоновки низа бурильной колонны.

б) *Гидростатические:*

- сохранение целостности стенок скважины, сложенных неустойчивыми, трещиноватыми горными породами, за счет противодействия на стенки скважины;

- предотвращение проникновения в ствол скважины воды, нефти и газа из пластов, вскрываемых буровой скважиной;

- удержание частиц шлама и утяжелителя во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции в скважине;

- снижение нагрузки на талевую систему.

в) *Коркообразование:*

- уменьшение сил трения бурового снаряда и обсадных труб о стенки скважины;

- снижение проницаемости, повышение устойчивости стенок скважин за счет кольматации трещин и пор;

- сохранение или усиление степени связности слабосцементированных горных пород.

г) *Физико-химические:*

- повышение буримости горной породы;

- поддержание устойчивости стенок скважины химическими реакциями;
- снижение вибрации бурильной колонны;
- предохранение бурильных, колонковых и обсадных труб и элементов их соединения от коррозии и абразивного износа;
- отвод тепла от породоразрушающего инструмента при его работе на забое скважины.

д) Прочие функции:

обеспечение: изучения геологического разреза скважины при помощи геофизической аппаратуры (ГИС);

- изучения шлама (выбуренных частиц горной породы) пластовых флюидов (жидкостей и газов) поступающих в ПЖ на забое и по стволу скважины;
- теплового режима в многолетнемерзлых породах и льдах при их проходке.

2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

2.1. Техническая вода

Техническая вода (пресная, морская) применяется преимущественно при бурении монолитных, плотных, устойчивых, неразмываемых, слабогидратирующих, малорастворимых, слаботрещиноватых горных пород в скважинах глубиной не более 3000 м.

При бурении по мерзлым, льдистым породам с незначительной отрицательной температурой (до -2 °С) используют охлажденную воду (до 0 °С) при условии ее непрерывной циркуляции и слабой минерализации. Вода обладает низкой плотностью, малой вязкостью, считается хорошим растворителем, понижает прочность разбураемых пород, имеет высокую мгновенную и интегральную фильтрацию, достаточные охлаждающие и смазочные свойства. При промывке водой, по сравнению с ПЖ, содержащими твердую фазу, возрастают механическая скорость и проходка на коронку (долото). Применение воды наиболее целесообразно при алмазном бурении, при использовании гидромониторных долот на относительно небольших глубинах бурения, при вскрытии водоносных горизонтов. Если вода доступна в неограниченном количестве, например, при бурении на акваториях, то возможно бурение как при

частичной, так и при полной потере циркуляции ПЖ (т.е. «на поглощении»), при условии, чтобы это не оказало отрицательное влияние на химический состав и режим движения пластовых вод.

Применение воды в качестве промывочной жидкости имеет недостатки:

- промывка водой вызывает ослабление относительно устойчивых стенок скважины, приводящее к осыпанию и обвалам горных пород и связанным с ними осложнениям в процессе бурения;

- вода не способна удерживать шлам во взвешенном состоянии при остановке циркуляции ПЖ, что является причиной его осаждения на забой и прихватов инструмента в случае неоперативных действий бурового персонала по предупреждению осложнения;

- при переходе с промывки водой на более плотную (глинистую) ПЖ рекомендуется, во избежание гидроразрывов проницаемых пород и поглощений плотность глинистой ПЖ (глинистого раствора) увеличивать поэтапно: сначала на величину до 10 % от плотности воды, затем, после глинизации пор и трещин в горных породах, доводить плотность ПЖ до заданной. Это трудоемкий процесс.

Воду как промывочную жидкость не применяют при бурении глинистых сланцев, аргиллитов, алевролитов, солевых отложений и глин, многолетнемерзлых пород нескального типа, так как это может привести к их разупрочнению, потере устойчивости и возникновению осложнений в виде сужений ствола, осыпей и обвалов стенок скважины.

2.2. Глинистые растворы

Термин «глинистые растворы» широко применяется в бурении, однако он не совсем корректен с точки зрения физико-химии, так как глинистая ПЖ – это «дисперсная суспензия», а не раствор глины в воде.

а) *Нормальные глинистые ПЖ.* Их широко применяют при забуривании и бурении скважин в песчано-глинистых отложениях, известняках, сланцах, гипсах, ангидритах, алевролитах, аргиллитах, конгломератах и других аналогичных слаботрещиноватых горных породах I–VII категории по буримости, т.е. в породах, теряющих устойчивость при насыщении водой или размываемых при ее циркуляции.

Основные компоненты глинистых растворов : качественная местная комовая глина или товарный (бентонитовый, каолининовый, палыгорскитовый) глинопорошок (до 15–35 %), техническая вода (пресная или морская), химические реагенты. Глинистые растворы используют при бурении в условиях, не связанных с серьезными осложнениями в процессе бурения (интенсивные поглощения, осыпи, обвалы, набухание пород, водо-, нефте-, газопроявления и т.п.). Глинистые ПЖ могут обладать следующими нормальными технологическими параметрами:

- плотность (ρ) 1,10–1,25 г/см³;
- условная вязкость (T) 20–25 с;
- содержание песка в растворе (Π) не более 2 %;
- водоотдача (B) 25–10 см³ за 30 мин.;
- толщина глинистой коронки (K) не более 3 мм;
- предельное статическое напряжение сдвига (CHC 1/10) (θ_1)

1–2 Па (при замере через 1 мин.) и (θ_2) 2–5 Па (через 10 мин.);

- стабильность раствора не более 0,02 г/см³.

б) *Утяжеленные глинистые растворы*. Их используют в разрезах, представленных толщами слабоустойчивых, трещиноватых, раздробленных, перемятых, легко разрушающихся при обнажении горных пород, при высоких пластовых давлениях и возможных выбросах воды, нефти или газа из скважины.

Основа этих растворов – качественный глинистый раствор с параметрами: $T = 25 \div 30$ с, $\theta_1 = 2 \div 2,5$ Па, $B < 5 \div 10$ см³ за 30 мин.

Утяжеление глинистого раствора до плотности 1,3 ÷ 1,35 г/см³ достигается увеличением концентрации глинистой фазы. Дальнейшее утяжеление производят, добавляя инертные утяжелители: барит, магнетит, гематит, колошниковую пыль и др. Показатели раствора могут изменяться в следующих пределах: $\rho = 1,4 \div 2,2$ г/см³, $T = 18 \div 60$ с, $\theta_1 = 3,0 \div 7,5$ Па, $B = 3 \div 5$ см³ за 30 мин, $K = 0,5 \div 2$ мм.

в) *Малоглинистые и полимерглинистые ПЖ*. Эти ПЖ характеризуются малым содержанием глинистой твердой фазы, небольшой вязкостью, низкой плотностью и малым значением статического напряжения сдвига.

Малоглинистые растворы готовят из качественной местной комовой глины или бентонитового глинопорошка (до 4–8 %), техни-

ческой воды и химических реагентов. По сравнению с глинистыми ПЖ концентрация реагентов в этих ПЖ обычно выше. Их применяют при наличии частичных поглощений, возникновении признаков осложнений при бурении на воде и т.п.

Полимерглинистые (полимербентонитовые) промывочные растворы рекомендуются при колонковом алмазном бурении. Полимербентонитовые промывочные жидкости с негидролизованным полиакриламидом и бентонитовым глинопорошком (качественной местной комовой глиной) целесообразно использовать при скоростном бурении в монолитных с незначительной трещиноватостью, устойчивых, не содержащих глин горных породах, полимербентонитовые промывочные растворы с гидролизованным полиакриламидом и бентонитовым глинопорошком (качественной местной комовой глиной) применяют при бурении в трещиноватых, средне- и слабоустойчивых горных породах, включающих глиносодержащие разновидности, а также в зонах тектонических нарушений.

Полимерглинистые (полимербентонитовые) растворы содержат глину (бентонит) 2–5 %, полимер 0,1–0,5 % и химические реагенты, вводимые избирательно. Пример параметров полимербентонитовой ПЖ: $\rho = 1,02 \div 1,05 \text{ г/см}^3$, $T = 24 \div 28 \text{ с}$, $B = 6 \div 8 \text{ см}^3$ за 30 мин, $K < 0,5 \text{ мм}$.

В качестве реагентов стабилизаторов применяются вещества: карбоксиметилцеллюлозные (КМЦ) разной степени полимеризации, реже крахмальные реагенты, и как было названо выше – полиакриламиды, гидролизированный полиакрилонитрил и др.

г) *Естественные (глинистые) растворы.* Образуются при бурении глиносодержащих, аргиллит-алевролитовых пород за счет поступления в ПЖ тонкодисперсного шлама глин. Имеют по сравнению с «нормальными» глинистыми растворами повышенную плотность, водоотдачу, абразивность. Обработкой химическими реагентами и стабилизаторами, а также механической очисткой приводятся к параметрам «нормальных» и утяжеленных до плотности $1,3 \div 1,35 \text{ г/см}^3$ глинистых растворов. Расход реагентов на стабилизацию таких ПЖ выше, чем при приготовлении «нормальных» глинистых ПЖ из качественных глинопорошков.

2.3. Безглинистые ПЖ

Промывочные жидкости, содержащие в качестве твердой фазы неглинистые вещества и материалы, наиболее применимы при вскрытии водо-, нефте-, газоносных горизонтов, где они обеспечивают восстановление проницаемости продуктивных пластов при освоении скважин. По составу твердой фазы ПЖ могут называться, например:

- а) *меловые ПЖ* (твердая фаза – мел);
- б) *известковые, известково-битумные* (известь, битум);
- в) *гуматные*.

Для условий Беларуси наибольшее практическое значение имеют гуматные промывочные жидкости, которые могут называться «органогенными ПЖ», «сапропелевыми ПЖ», «торфогуматными ПЖ», «торфосапропелевыми ПЖ» и т.п. Основным отличительным признаком этих ПЖ является наличие в них веществ (торф, бурый уголь, сапропель), поставщиков природного реагента-стабилизатора: гуминовых веществ (кислот), натриевые соли которых позволяют улучшать технологические параметры ПЖ. По сравнению с глинистыми ПЖ, органогенные (гуматные) жидкости обладают меньшей плотностью и менее стойкой коагулирующей способностью по отношению к коллекторам воды и нефти. Гуматные реагенты: углещелочной реагент (УЩР), торфощелочной реагент (ТЩР) давно и успешно используются для стабилизации глинистых дисперсий, т.е. для обработки глинистых ПЖ с целью улучшения их технологических свойств (параметров). При наличии в достаточном количестве природного сырья: торфа и сапропеля (Беларусь, Западная Сибирь и т.д.) в ряде случаев экономически целесообразным становится использование сапропелевых и торфо-сапропелевых щелочных водных дисперсий в качестве ПЖ. Их стабилизация достигается обычно щелочной активацией гуминовых кислот путем обработки дисперсии сухим едким натром NaOH в среднем до 0,4 % (концентрация щелочи может доводиться до 1,50 ÷ 1,77 % по весу от веса жидкости затворения - воды при использовании влажно-сухого сапропеля и кальцинированной соды Na₂CO₃, дающей также щелочную реакцию при растворении); соотношение щелочь-сапропелевая крошка находится в диапазоне около 1:15 в зависимости от содержания в сапропеле гуминовых кислот. Технологические пара-

метры ПЖ из качественного органического или смешанного типа сапропеля находятся в диапазоне: плотность – $1,01 \div 1,03 \text{ г/см}^3$, условная вязкость – до 30 с, водоотдача – $6 \div 15 \text{ см}^3/30 \text{ мин}$, корка-пленка – 1,0 мм, статическое напряжение сдвига от 0/0 до 1,3/3,2 Па.

Зачастую в РБ применяют ПЖ смешанного (переходного) типа от глинистых ПЖ к глино-сапропелевым, сапропелевым и наоборот, в зависимости от геолого-технических условий на объекте буровых работ или отдельной скважине.

2.4. Солестойкие ПЖ

Солестойкие ПЖ применяют при разбуривании соленосных отложений или при чередовании пластов соли с пропластками терригенных отложений. Эти растворы позволяют предотвратить (полностью или частично) образование значительных каверн, пластическое течение солей, осыпи терригенных прослоев, осаждение соли в желобах, снижение выхода керна и др.

а) *Солестойкие глинистые растворы* готовят на основе нормальных глинистых растворов, обработанных химическими реагентами. По степени минерализации глинистые растворы подразделяются на слабоминерализованные (1–3 % хлористого натрия), минерализованные (3–10 % хлористого натрия) и высокоминерализованные (> 10 % хлористого натрия).

При содержании солей до 1–1,5 % глинистые растворы обрабатывают любыми реагентами – понизителями водоотдачи и понизителями вязкости. При большей степени минерализации следует применять солестойкие стабилизаторы КМЦ-500, КМЦ-700, крахмальные реагенты и др.

Высокоминерализованные глинистые растворы необходимо подвергать комбинированной обработке: крахмальными реагентами и КМЦ. При полиминеральном насыщении ПЖ калийно-натриево-магниевыми солями содержание в ПЖ стабилизаторов может достигать 2 % и более. Плотность ПЖ $1,3 \text{ г/см}^3$ и более.

б) *Высокоминерализованный безглинистый крахмальный раствор* (ВМБКР) с целью предотвращения вспучивания стенок скважины и образования на них толстых рыхлых корок, кавернообразования и растворения керна солей с параметрами: плотность в зави-

симости от минерализатора (поваренная соль, хлористый калий и магний) до $1,3 \text{ г/см}^3$, условная вязкость около $18 \div 20$ сек, водоотдача $10 \div 12 \text{ см}^3$ за 30 мин, корка < 1 мм, $\text{СНС}_{1/10} = 0$.

2.5. Эмульсионные ПЖ

ПЖ, содержащие кроме водной фазы обычно углеводородную жидкость (нефть, дизтопливо и т.п.). Как правило это структурированные (стабилизированные) глинистые ПЖ, содержащие эмульгированные в ней нефть или другие добавки. Реже применяют «инвертные» эмульсии – ПЖ, в которых дисперсионной средой является углеводородная жидкость, а дисперсной фазой – вода. Твердой дисперсной фазой в инвертных эмульсиях является гидрофобизированный глиноматериал, известь. Соответственно в физико-химии их называют эмульсиями первого и второго рода.

2.6. Аэрированные ПЖ

ПЖ, которые аэрируют, в основном, для снижения их плотности в зонах поглощений. При бурении на нефть может осуществляться газирование ПЖ нейтральными невзрывоопасными газами: азот, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания и т.д.

2.7. Солевые растворы

Применяют при бурении в многолетнемерзлых породах, теряющих устойчивость при оттаивании, в отложениях солей и сильно заиленных глинах. Эти растворы представляют собой техническую воду с добавлением солей хлористого натрия, хлористого кальция и хлористого магния в концентрациях, подобранных в соответствии с температурой пород, слагающих стенки скважин или содержания в разрезе солей.

В практике бурения скважин в северных широтах встречаются два основных типа мерзлых пород: мерзлые сухие породы, не содержащие в свободном состоянии воды и льда, и льдистые мерзлые породы, содержащие в порах, трещинах и кавернах свободную воду или лед. Основное условие эффективного бурения скважин в таких условиях – использование промывочной жидкости, имеющей тем-

пературу замерзания, близкую к температуре мерзлых пород, но всегда на 2–3 °С выше. При температуре мерзлых пород до –2 °С температура замерзания закачиваемой в скважину жидкости должна находиться в пределах 0–2 °С, при температуре пород до –5 °С – в пределах от –0,5 до –1,5 °С и при температуре ниже –5 °С – в пределах от –2 до –2,5 °С.

Порядок приготовления моносолевого раствора простой: в техническую воду засыпают соль и перемешивают до полного растворения. При использовании полисолевых растворов технология их приготовления и применения усложняется. При бурении с промывкой водным растворами солей рекомендуется вводить в промывочную жидкость специальные вещества – ингибиторы коррозии (двузамещенный фосфат аммония, катапин КИ-1 и др.).

Температура замерзания солевых растворов в зависимости от содержания хлористого натрия и хлористого кальция приведена в табл. 1.

Основные параметры солевых растворов: $\rho = 1,2 \div 1,3 \text{ г/см}^3$;
 $T = 16 \div 17 \text{ с}$.

Данными табл. 1 можно пользоваться для регулирования плотности солевых растворов и для предотвращения их замерзания в зимнее время в поверхностной циркуляционной системе на буровой. При этом необходимо знать, что товарный хлористый кальций поставляется в виде кристаллогидрата, т.е. водной соли, расход которой для приготовления раствора заданной плотности будет значительно выше чем «чистого» CaCl_2 , являющегося высокогигроскопичным и, поэтому, плохотранспортабельным.

Основной областью применения солевых растворов является подземный ремонт эксплуатационных нефтяных и газовых скважин, где они называются «жидкостями глушения» и служат для создания гидростатического противодавления на пласт на период подземного ремонта, т.е. для остановки работы скважины.

Заключение по разделу 2. В лабораторной работе № 10 приведен перечень самых основных материалов и реагентов применяемых в практике бурения на территории РБ для приготовления ПЖ. Знание теоретического лекционного курса «Технология бурения скважин» по разделам «Очистные агенты для бурения скважин» и «Физико-химия и реология буровых промывочных жидкостей» поз-

волит Вам решать предлагаемые ниже учебные и, в дальнейшем, технологические прикладные задачи на инженерном уровне.

Таблица 1

Температура замерзания растворов хлористого натрия
и хлористого кальция

Плотность, г/см ³ (при 15 °С)	Содержание хлористого натрия в г на 100 г		Температура замерзания NaCl, °С	Содержание хлористого кальция в г на 100 г		Темпера- тура замер- зания CaCl, °С
	раствора	воды		раствора	воды	
1,01	1,5	1,5	-0,9	1,3	1,3	-0,6
1,02	2,9	3,0	-1,8	2,5	2,6	-1,2
1,03	4,3	4,5	-2,6	3,6	3,7	-1,8
1,04	5,6	5,9	-3,5	4,8	5,0	-2,4
1,05	7,0	7,5	-4,4	5,9	6,3	-3,0
1,06	8,3	9,0	-5,4	7,1	7,6	-3,7
1,07	9,6	10,6	-6,4	8,3	9,0	-4,4
1,08	11,0	12,3	-7,5	9,4	10,4	-5,2
1,09	12,2	14,0	-8,6	10,5	11,7	-6,1
1,10	13,6	15,7	-9,8	11,5	13,0	-7,1
1,11	14,9	17,5	-11,0	12,6	14,4	-8,1
1,12	16,2	19,3	-12,2	13,7	15,9	-9,1
1,13	17,5	21,2	-13,6	14,7	17,3	-10,2
1,14	18,8	23,1	-15,1	15,8	18,8	-11,4
1,15	20,0	25,0	-16,0	16,8	20,2	-12,7
1,16	21,2	26,9	-18,2	17,8	21,7	-14,2
1,17	22,4	29,0	-20,0	18,9	23,3	-15,7
1,175	23,1	30,1	-21,2	-	-	-
1,18	-	-	-	19,9	24,9	-17,4
1,19	-	-	-	20,9	26,5	-19,2
1,20	-	-	-	21,9	28,0	-21,2
1,21	-	-	-	22,8	29,6	-23,3
1,22	-	-	-	23,8	31,2	-25,7
1,23	-	-	-	24,7	32,9	-28,3
1,24	-	-	-	25,7	34,6	-31,2
1,25	-	-	-	26,6	36,2	-34,6
1,26	-	-	-	27,5	37,9	-38,6
1,27	-	-	-	28,4	39,7	43,6
1,28	-	-	-	29,4	41,6	50,1
1,285	-	-	-	29,9	42,7	55,0

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Качество ПЖ должно проверяться перед ее использованием в технологическом процессе, в ходе бурения скважины в нормальных и осложненных условиях, при начавшихся осложнениях и выравнивании показателей. Контролируемые параметры можно разделить на группы.

К первой относятся параметры, контроль которых обязателен для всех скважин: плотность, вязкость, статическое напряжение сдвига через 1 и 10 мин., водоотдача, толщина фильтрационной корки, концентрация твердых примесей (песка), концентрация водородных ионов. Для контроля параметров первой группы предназначен комплект лаборанта типа ЛГР-3 (лаборатория глинистых растворов). В нее также входят приборы для замера температуры, стабильности ПЖ, суточного отстоя. Статическое напряжение сдвига измеряют отдельно поставляемым прибором типа СНС.



Рис. 1. ЛГР-3

Ко второй группе относятся специальные параметры ПЖ, контроль которых необходим для скважин с осложненными геологическими и гидрогеологическими условиями (поглощение промывочной жидкости, осыпи и обвалы, нефтегазо- и водопроявления, вы-

сокая минерализация напорных пластовых вод и др.). Эта группа включает: показатели фильтрации, содержание газа, степень минерализации вод, содержание и состав твердой фазы, напряжение пробоя (для эмульсионных растворов).

Для контроля параметров промывочных жидкостей первой и второй групп используется лаборатория, включающая комплект лаборанта КЛР-1 и другие приборы. КРЛ-1 комплектуется рычажными весами-плотномером ВРП-1, вискозиметром ВБР-1, прибором газосодержания ПГР, отстойником ОМ-2, фильтром-прессом ФЛР-1, вискозиметром ротационным ВСН-3, секундомером, термометром, набором индикаторной бумаги «Рифан» и индикаторной бумаги рН, набором реагентов и посуды для химических анализов.

К третьей группе относятся параметры, дающие дополнительные сведения о ПЖ, контроль которых осуществляется технологической службой предприятия, включая службу промывочных жидкостей. Частота и объем контроля определяются в зависимости от особенностей протекания технологического процесса, качества исходного сырья, других конкретных местных условий, которые влияют на показатели ПЖ.

Пробу ПЖ рекомендуется отбирать как при выходе ее из скважины, так и при входе в нее. В первом случае она берется непосредственно у устья скважины, во втором – из приемной емкости «на всосе» бурового насоса. Обязательные параметры определяют на буровой сразу после отбора пробы. Плотность и условную вязкость измеряют по пробам, взятым в начале желобной системы. Для характеристики ПЖ, поступающей в скважину, замер этих показателей повторяют в конце поверхностной циркуляционной системы (ЦС). По пробам, отобраным в конце ЦС, определяют содержание песка для проверки состояния системы очистки ПЖ.

Результаты определения технологических параметров ПЖ, как и сведения о текущей ситуации на скважине заносят в буровой журнал. Специальные параметры, определение которых регламентировано ГТН (геолого-технический наряд) или производственными инструкциями, измеряют в стационарной или полевой передвижной контрольной лаборатории. Вместе с пробой ПЖ в лабораторию передают следующие сведения: номер и глубину скважины, дату и время отбора пробы, а также результаты измерения тех параметров, которые были определены на буровой. Рекомендуемая периодич-

ность проведения контроля параметров ПЖ в различных условиях глубокого разведочного бурения скважин приведена в табл. 2.

На глубоких скважинах замеры параметров осуществляют лаборанты, входящие в состав буровых бригад, на колонковом разведочном бурении, при бурении на воду и т.п. основные замеры могут осуществляться членами буровой бригады (бурильщиком, помбуром) при наличии соответствующей квалификации.

Таблица 2

Рекомендуемая периодичность замеров параметров
промывочной жидкости

Контролируемый Параметр	Периодичность контроля, ч		
	при неослож- ненных условиях бурения	при осложнен- ных усло- виях буре- ния	при начавшихся осложнениях или выравнивании параметров
Плотность, г/см ³	4	1	0,5
Вязкость, с	4	1	0,5
Статическое напряжение сдвига, Па	8	4	1
Водоотдача за 30 мин, см ³	8	4	1
Толщина корки, мм	8	4	-
Стабильность, г/см ³	8	4	-
Суточный отстой, %	8	4	-
Содержание песка, %	4	1	-
Содержание газа, %	8	4	1,5–2
Концентрация водород- ных ионов (рН)	8	4	-

4. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЖ

4.1. Плотность (ρ)

Для измерений плотности глинистых ПЖ и других жидких буровых промывочных агентов могут быть использованы: рычажные весы-плотномер ВРП (рис. 2), ареометр АГ-3ПП (рис. 3), пикнометр.

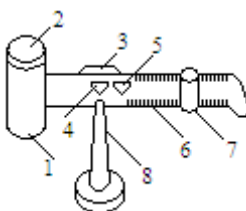


Рис. 2. Рычажные весы-плотномер ВРП-1:

1 – мерный стакан; 2 – крышка; 3 – подушки; 4 и 5 – призмы;
6 – рычаг с нижней и верхней шкалой; 7 – подвижный груз; 8 – стойка

4.1.1. Измерение плотности рычажными весами

Плотности с помощью рычажных весов измеряют в следующей последовательности. Устанавливают весы в строго горизонтальном положении, промывают мерный стакан 1 и крышку стакана водой, затем протирают насухо и готовят пробу раствора. Раствор заливают в мерный стакан 1 до верхней кромки и закрывают крышкой 2. Излишки раствора, вытекшие через специальное отверстие в крышке, следует удалить сухой ветошью. Установить подвижную часть весов на стойке при помощи правой призмы. Передвигая влево или вправо подвижный груз 7, установить рычаг 6 в положение равновесия и прочесть показания плотности раствора на верхней измерительной шкале. Если плотность раствора окажется большей, чем предел измерения по верхней шкале, то подвижную часть весов следует переставить на левую призму и вести измерения по нижней шкале.

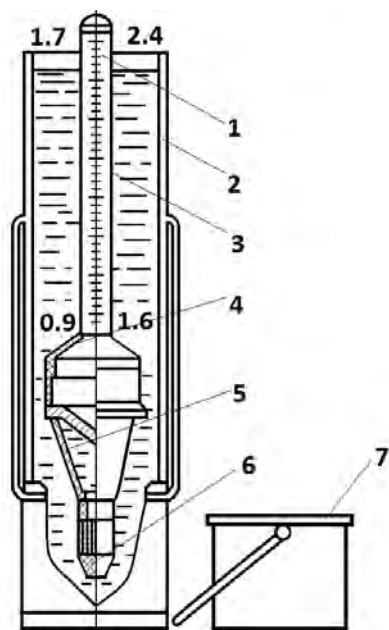


Рис. 3. Ареометр АГ-3ПП:

- 1 – основная шкала; 2 – ведро для воды; 3 – стержень; 4 – поплавок;
5 – мерный стакан; 6 – съемный грузик; 7 – крышка ведерка

После замера снять крышку 2 и вылить раствор из стакана 1, промыть мерный стакан и крышку водой, протереть насухо.

Рычажные весы – это основной тип прибора для измерения плотности ПЖ в западных буровых компаниях.

4.1.2. Измерение плотности ареометром (денсиметром) АГ-3ПП

Предварительно точность показаний ареометра АГ-3ПП проверяют, определяя плотность пресной воды, т.е. той технической воды, которая будет заливаться в ведро-футляр для выполнения замера. Допустимая погрешность измерений при этом не должна превышать $\pm 0,01$ г/см³. Последовательность замера плотности ПЖ следующая: заполняют до верха мерный стакан 5 испытуемым рас-

твором, затем присоединяют поплавок 4 и в строго вертикальном положении опускают ареометр в ведро-футляр 2 с чистой пресной водой. Отсчет плотности берут по левой шкале с малыми значениями плотности. Если раствор утяжеленный и ареометр полностью тонет в воде, то следует снять съемный груз 6, опустить ареометр в воду без груза и отсчет взять по шкале с большими значениями ρ . Крышкой ведерка удобно отбирать пробу ПЖ из желобов циркуляционной системы скважины на поверхности.

4.1.3. Измерение плотности пикнометром (мерным сосудом)

Измерение плотности ПЖ пикнометром или другим мерным сосудом. Порядок работы следующий. Взвешивают сухой чистый пикнометр P_1 , заполняют его глинистым или шламовым раствором до метки, закрывают пробкой, затем вытирают насухо и взвешивают P_2 . Плотность раствора определяется из выражения

$$\rho = \frac{P_2 - P_1}{V_n}, \quad (1)$$

где V_n – объем пикнометра.

Если объем пикнометра заранее неизвестен, то его рассчитывают так. Взвешивают чистый пикнометр P_1 , заполняют его дистиллированной водой выше метки и выдерживают некоторое время в водяной бане при температуре 15°C , а затем отбирают избыток воды с помощью фильтровальной бумаги, закрывают пикнометр пробкой, вытирают насухо и взвешивают P_2' . Объем пикнометра определяется по формуле

$$V_n = \frac{P_2' - P_1}{\rho_{\text{воды}}}. \quad (2)$$

4.2. Вязкость (Г)

Этот параметр характеризует внутреннее трение между слоями жидкости. В практике буровых работ определяют обычно условную

вязкость глинистых ПЖ, измеряемую в секундах истечения раствора из стандартного полевого вискозиметра СПВ-5 (рис. 4).

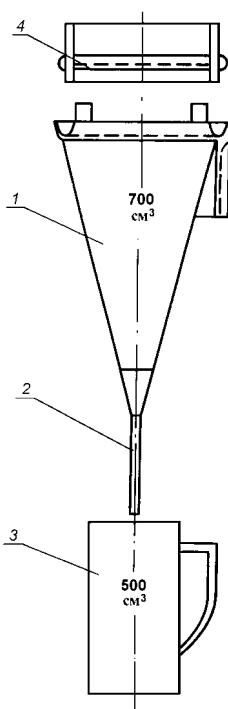


Рис. 4. Вискозиметр полевой СПВ-5:
1 – воронка; 2 – трубка; 3 – мерная кружка;
4 – сетка

Порядок работы с СПВ-5 следующий. Промыть водой воронку 1 вискозиметра и мерную двустороннюю кружку 3, вместимостью 200 и 500 см³, закрыть отверстие трубки 2 пальцем правой руки и налить в воронку 1 через сетку 4 испытуемый раствор (700 см³) до краев. Поставить мерную кружку (500 см³) под трубку вискозиметра и, убрав палец, открыть отверстие трубки, одновременно включив левой рукой секундомер. В момент заполнения кружки раствором до краев одновременно остановить секундомер и закрыть отверстие трубки пальцем и прочесть показания секундомера.

Условную вязкость T рассчитывают как среднее из трех последовательных замеров, отличающихся между собой не более чем на 2 с. Правильность показаний прибора проверяют по условной вязкости воды, равной 15 с. (в западных буровых компаниях аналогичный прибор называется вискозиметр Марша).

4.3. Статическое напряжение сдвига (θ , СНС)

Этот показатель характеризует прочность структуры бурового раствора, возникающую в покое в растворе, и интенсивность ее изменения во времени, измеряется в паскалях. Для измерения статического напряжения сдвига могут быть использованы: ротационный пластометр СНС-2 (рис. 5) и ротационный вискозиметр ВСН-3 (рис. 6).

4.3.1. Измерение СНС пластометром

Статическое напряжение сдвига измеряют пластометром СНС-2 в следующем порядке. Прибор СНС-2 центрируют. Установить нуль шкалы против риски, нанесенной на стрелке указателя. Тщательно перемешать пробу ПЖ, зачерпнуть замешанный раствор меркой (120 мл). Погрузить подвесной цилиндр 8 во внешний стакан 9 и подвесить нить на пробку; установить нуль шкалы против риски указателя, в зазор между подвесным цилиндром и внешним стаканом залить ПЖ до верхней боковой кромки цилиндра и включить секундомер; через 60 с (1 мин) остановить секундомер и включить электродвигатель 13 прибора. После остановки вращения (до «срыва» и проворота в обратном направлении) подвесного цилиндра 8 отсчитать угол закручивания нити φ_1 . Установить шкалу в нулевое положение, оставить раствор в покое на 600 с (10 мин), затем снова включить прибор и измерить максимальный угол закручивания нити φ_{10} . Предельное статическое напряжение сдвига рассчитывается по формуле

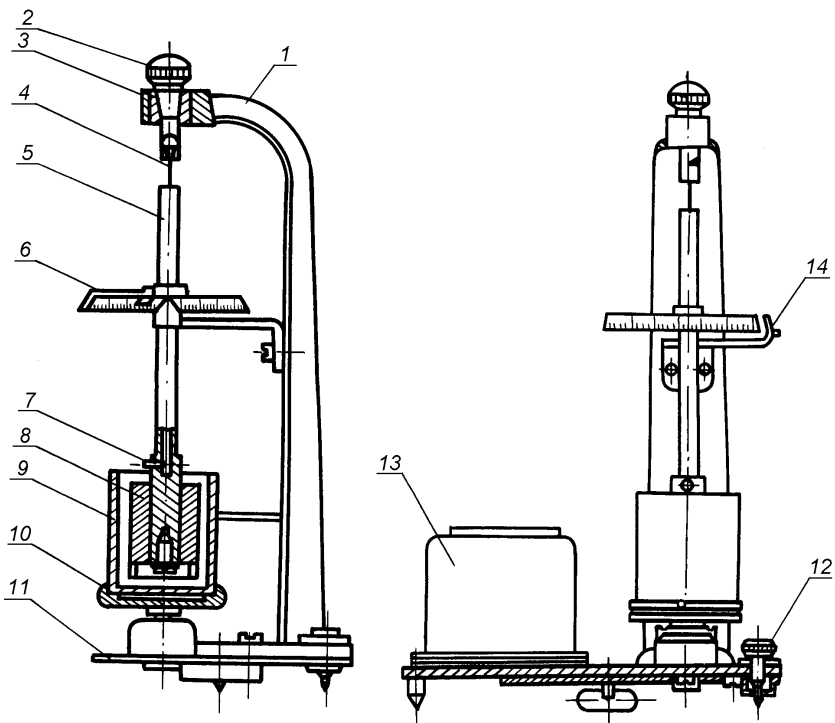


Рис. 5. Ротационный пластометр СНС-2:

- 1 – стойка; 2 – пробка для установки нити; 3 – конусная втулка; 4 – упругая нить;
 5 – защитная металлическая трубка; 6 – шкала с ценной деления 1 град;
 7 – винт для крепления нити; 8 – измерительный цилиндр; 9 – внешний стакан;
 10 – вращающаяся опора; 11 – общая плита; 12 – установочные винты;
 13 – привод; 14 – указатель

$$\theta_{1,10} = A \cdot \varphi_{1,10}, \quad (3)$$

где $\theta_{1,10}$ – предельное статическое напряжение сдвига через 1 и 10 мин, Па;

A – константа нити СНС-2 (указывается в паспорте прибора);

$\varphi_{1,10}$ – углы закручивания, измеренные после 1 и 10 мин покоя, градус.

4.3.2. Измерение СНС ротационным вискозиметром

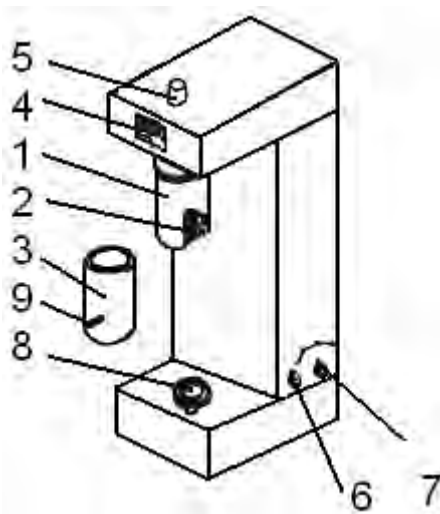


Рис. 6. Ротационный вискозиметр ВСН-3

- 1 – наружный вращающийся цилиндр; 2 – внутренний вращающийся цилиндр;
3 – стакан; 4 – шкала с вертикальной риской смотрового окна; 5 – винт-головка;
6 – выключатель; 7 – переключатель; 8 – подъемный столик; 9 – штуцер

Измерительный стакан прибора заполнить ПЖ, предварительно очищенной от шлама, и поставить на столик 8. Ввести в ПЖ цилиндры 1, 2. Включить тумблер «сеть», перемешать исследуемую ПЖ при 600 об/мин в течение 60 с (1 мин). Выключить тумблер «сеть», установить ручку переключения частоты вращения в положение «0,2». Раствор оставить в покое на 1 мин, включить тумблер «сеть», отсчитать по шкале показания угла поворота измерительного элемента φ в момент максимальных значений, предшествующих разрушению структуры раствора. Аналогичный замер φ_{10} сделать после 10 мин покоя раствора (предварительно повторив размешивание раствора в течение 1 мин при 600 об/мин). Предельное статическое напряжение сдвига вычисляют по формуле

$$\theta_{1,10} = k \cdot \varphi_{1,10}, \quad (4)$$

где $\theta_{1,10}$ – предельное статическое напряжение сдвига через 1 и 10 мин, Па;

k – постоянная стальной нити, соответствующая углу закручивания пружины динамометра на 1^0 (указывается в паспорте прибора);

$\varphi_{1,10}$ – углы поворота измерительного элемента, градус.

За величину предельного статического напряжения сдвига принимают среднее значение трех измерений, отличающихся друг от друга не более чем на 10 %.

Ротационные вискозиметры широко применяют в западных буровых компаниях [2].

4.4. Водоотдача (B)

Этот показатель косвенно характеризует способность бурового раствора отфильтровываться через стенку ствола скважины. Этот параметр измеряется количеством миллилитров фильтрата, выделяющегося из ПЖ за 30 мин через фильтр прибора под действием избыточного давления. Для измерения показателя фильтрации (водоотдачи) могут быть использованы: прибор ВМ-6 и фильтр-пресс ФЛР-1.

4.4.1. Измерение водоотдачи прибором ВМ-6

Прибор ВМ-6 (рис. 7) градуирован и показывает водоотдачу, приведенную к площади фильтра; предел измерения 40 мл; отклонения от нулевого положения допустимы не более чем на $\pm 0,5$ деления. Измерение водоотдачи прибором ВМ-6 производят следующим образом. Между фильтрационным стаканом 7 и поддоном 5 прокладывают решетку 6, на которую кладут смоченный в воде кружок фильтрационной бумаги, затем закрывают клапан 4, прижимая его к решетке 6 с помощью винта 3. Через горловину в фильтрационный стакан 7 заливают 120 см^3 испытуемой ПЖ. Поверх ПЖ в цилиндр 9 наливают машинное масло и опускают в него плунжер 11. Приоткрывая игольчатый вентиль 8, сливают избыток масла в тарелку до тех пор, пока нулевое деление на шкале не совпадет с меткой на цилиндре 9. Далее открывают клапан 4 и включают секундомер или замеряют время по часам. Плунжер 11 с гру-

зом 10 через масло в цилиндре 9 своим весом давит на ПЖ в стакане 7, создавая давление 0,1 МПа, под действием которого через фильтрационную бумагу и постепенно образующуюся на ней фильтрационную корку из ПЖ просачивается фильтрат, стекающий через отверстия в поддоне 5 в установленную под прибором металлическую чашку 1. Через 30 мин снимают отчет по шкале корпуса 10. Фильтрат используют для замера pH ПЖ.

4.4.2. Измерение водоотдачи фильтр-прессом

Измерение водоотдачи фильтр-прессом ФЛР-1 (рис. 8) осуществляется следующим образом. Снять стакан 4, вывернуть крышку, промыть их водой (если имеются загрязнения) и высушить. Фильтровальную бумагу смочить водой, избыток воды удалить сухой фильтровальной бумагой. Отвернуть полностью винт редуктора, перепускной клапан 5 завернуть до упора. Залить в стакан 4 ПЖ, установить уплотняющее кольцо, на него наложить фильтровальную бумагу, сетку, закрыть стакан 4 крышкой и установить его в рабочее положение поворотом на бобышке. Под стакан 4 подставить измерительный цилиндр 2 на 10 и 50 мл в зависимости от предполагаемой интенсивности фильтрации, с помощью которого будет замерено количество фильтрата $Q_{\text{ф}}$ поступающего через отверстие в крышке 3. Отвернуть вентиль баллона с газом; поворотом регулировочного винта редуктора 10 по часовой стрелке установить давление на выходе редуктора 0,7 МПа. Отвернуть винт перепускного клапана 5 на 3,5 оборота и одновременно включить секундомер; через 30 мин завернуть винт клапана до упора и одновременно выключить секундомер; закрыть вентиль баллона, снять стакан, вывернуть крышку, убрать уплотнительное кольцо, вылить раствор. Стакан, крышку и кольцо промыть.

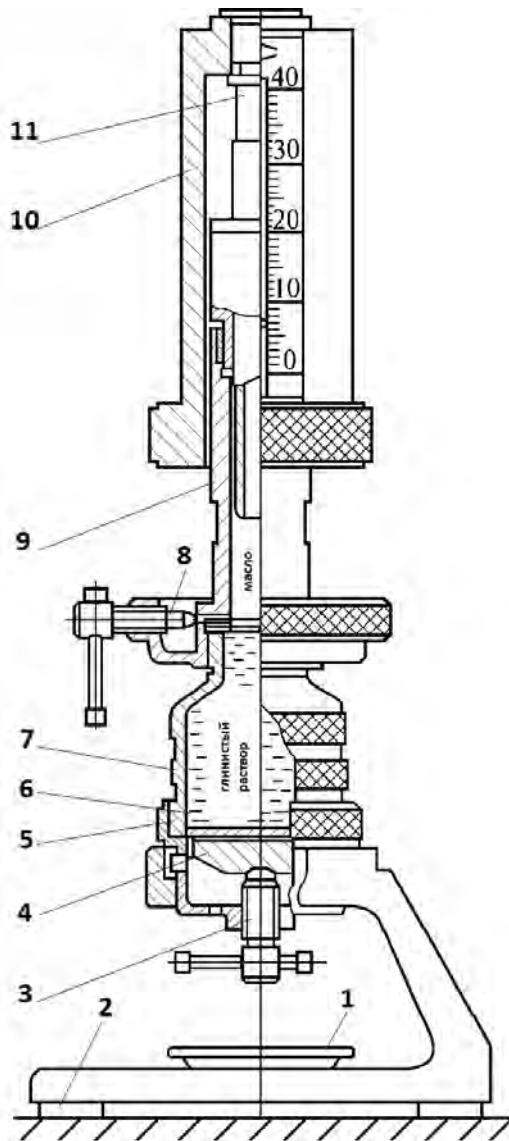


Рис. 7. Прибор VM-6:

- 1 – чашка для фильтрата; 2 – кронштейн-опора; 3 – винт; 4 – клапан; 5 – поддон;
 6 – решетка; 7 – фильтрационный стакан; 8 – игла-вентиль; 9 – цилиндр;
 10 – груз-шкала; 11 – плунжер

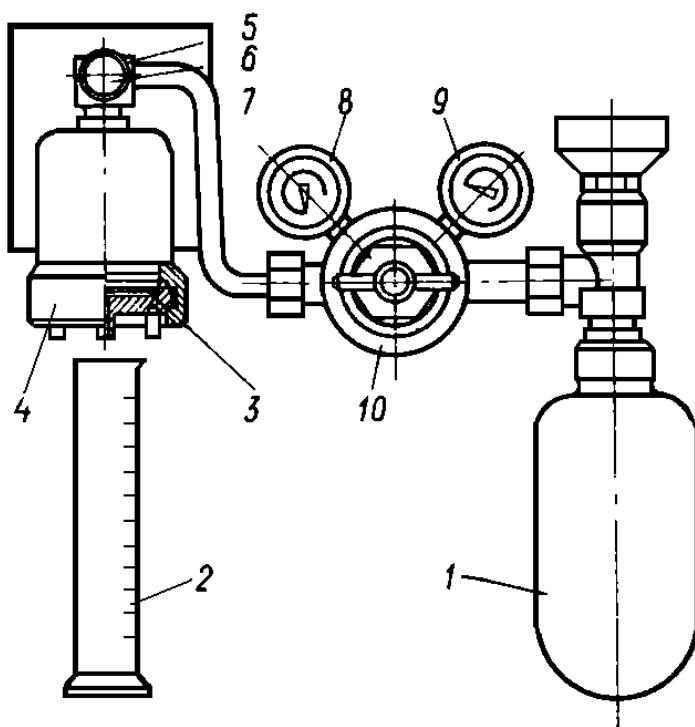


Рис. 8. Прибор ФЛР-1:

1 – баллон; 2 – измерительный цилиндр; 3 – крышка с фильтром; 4 – стакан;
 5 – перепускной клапан; 6 – вентиль; 7 – металлорукав; 8, 9 – манометры низкого
 и высокого давления; 10 – редуктор

Вычислить водоотдачу по формуле

$$B = 2 \cdot Q_{\phi}, \quad (5)$$

где B – водоотдача при данных стандартных условиях фильтрации (перепад давления, площадь поверхности фильтрации);

2 – отношение площади стандартного фильтра диаметром 75 мм к площади фильтрации фильтр-пресса;

Q_{ϕ} – количество фильтрата, полученного на фильтр-прессе, мл.

Фильтр-прессы различных конструкций широко применяются в транснациональных фирмах, специализирующихся в области бурения [2]. Для их использования, как следует из изложенного, необходимо наличие источника сжатого газа (углекислого, азота, воздуха).

4.5. Толщина фильтрационной (глинистой) корки (K)

Этот показатель косвенно характеризует способность бурового раствора образовывать временную крепь на стенках скважины, зависит от водоотдачи и прямо пропорционален ей. Определяют толщину корки непосредственно на фильтровальной бумаге стальной линейкой после замера водоотдачи. Для этого разложенный на столе кружок фильтровальной бумаги с образовавшейся коркой протыкают вертикально поставленной тонкой стальной линейкой и по ее миллиметровым делениям читают толщину корки. Нормальной считается фильтрационная корка толщиной не более 3 мм. Более точно этот параметр определяется специальными приборами («игла Вика» и т.п.).

4.6. Коэффициент трения глинистой корки (KTK)

Этот параметр еще называют «липкость глинистой корки». Его, при наличии лабораторных чашечных весов, можно приближенно оценивать по способу Линецкого (рис. 9).

Порядок замера. Установить весы 5 и столик 1 в горизонтальное положение с помощью уравнительных винтов. Фильтр с глинистой коркой после измерения водоотдачи положить на стеклянную пластинку фильтром вверх, затем, осторожно сняв его, корку накрыть другой стеклянной пластинкой, перевернуть и снять первую пластинку. Пластинку 2 с коркой положить на столик и сверху на корку поместить трубку 3. Нитку 4, привязанную к трубке, прикрепить к стрелке уравновешенных весов. Через воронку 6 вискозиметра ВП-5 на чашку весов понемногу насыпать песок до тех пор, пока трубка не сдвинется с места. Затем определить массу песка, насыпанного на чашку весов M_1 и сухой трубки M_2 . Коэффициент липкости вычислить по формуле

$$k_n = \frac{M_1}{M_2}. \quad (6)$$

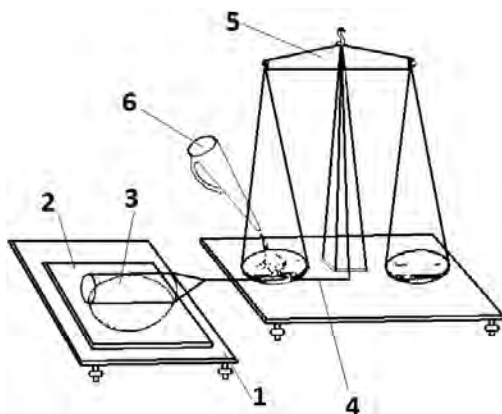


Рис. 9. Прибор Линеvского:
 1 – столик; 2 – пластинка; 3 – трубка; 4 – нитка; 5 – весы;
 6 – воронка вискозиметра СПВ-5

Величина k_n предпочтительна не более 0,25, так как в противном случае затрудняются спуско-подъемные операции и может произойти прихват бурового инструмента, в особенности в наклонных скважинах после длительного простоя.

Существуют приборы для замера КТК по принципу соскальзывания металлического груза (бруска) с глинистой корки по мере увеличения наклона плоскости, на которую помещена пластинка (фильтр) с глинистой коркой. КТК в этих приборах определяется углом наклона плоскости скольжения в момент начала движения (соскальзывания) груза.

Также существуют приборы для замера липкости глинистой корки в жидкости, в этом случае фильтр с коркой помещают на дно цилиндрического сосуда. На корку устанавливают другой пустотелый цилиндр диаметром менее диаметра корки (из прибора ВМ-6) с плоским дном. На внешнем цилиндре имеется смотровое стекло с делениями. При наливе в него жидкости (воды) фиксируется ее

уровень в момент отрыва внутреннего цилиндра от глинистой корки и его всплытия за счет архимедовой силы. В данном случае измеряемый параметр в большей степени соответствует термину «липкость» или «адгезия» глинистой корки к материалу цилиндра. В глубоком бурении этот параметр измеряют на более сложных приборах с элементами имитации (моделирования) скважинных условий. При геологоразведочном колонковом бурении зачастую КТК характеризуют тактильными («на ощупь») параметрами, например «корка тонкая, плотная скользкая», «рыхлая, легко удаляемая» и т.п.

4.7. Стабильность ПЖ

Этот показатель характеризует динамику и степень распределения глинистых и других твердых частиц в ПЖ (суспензии), находящейся в состоянии покоя; измеряется в граммах на кубический сантиметр. Для определения стабильности используется цилиндр ЦС-2 (рис. 10).

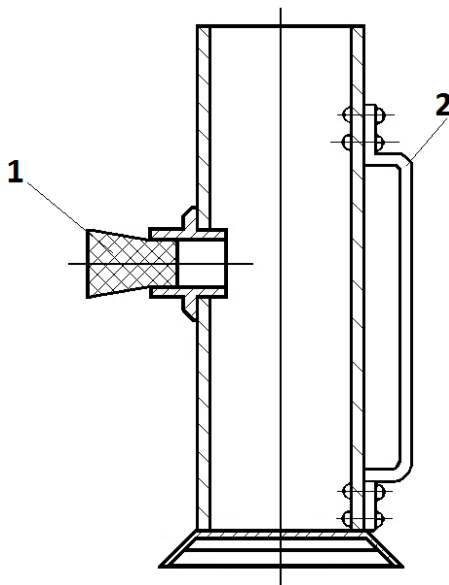


Рис. 10. Цилиндр стабильности ЦС-2:
1 – пробка резиновая; 2 – ручка

Порядок работы следующий. Влить пробу ПЖ в цилиндр до краев, предварительно перемешав ее. Отметить по часам время и оставить ее в покое. Через 24 ч. открыть пробку 1, слить верхнюю часть пробы ПЖ вместе с отстоявшейся водой в кружку (обычно используют кружку от СПВ-5); тщательно перемешать слитый раствор и определить его плотность ρ_1 ареометром или другим прибором. Закрывать отвод пробкой, тщательно перемешать оставшуюся в цилиндре нижнюю половину раствора и определить его плотность ρ_2 . Вымыть цилиндр и вытереть насухо. Показатель стабильности промывочного раствора определяется по формуле

$$C = \rho_2 - \rho_1. \quad (7)$$

4.8. Суточный отстой (O)

Этот параметр также характеризует стабильность промывочной жидкости, т.е. способность в течение длительного времени не расслаиваться на жидкую и твердую фазы, и измеряется в процентах. Для измерения суточного отстоя применяют: стеклянный мерный цилиндр объемом 100 см^3 с ценой деления 1 см^3 (рис. 11).

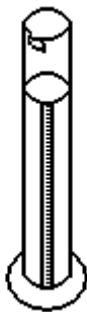


Рис. 11. Мерный цилиндр объемом 100 см^3 с ценой деления 1 см^3

Порядок работы следующий. Тщательно перемешать пробу ПЖ, залить в цилиндр до 100-го деления по шкале. Поставить цилиндр с раствором в спокойное место, отметить время и оставить на 24 ч.

После 24 ч. отстоя отметить на шкале цилиндра положение уровня раздела ПЖ и отстоявшейся воды (V_B). Цилиндр вымыть и вытереть насухо. Суточный отстой промывочного раствора (%) вычисляется по формуле

$$O = 100 - V_B, \quad (8)$$

где 100 – объем мерного цилиндра, см^3 ;

V_B – объем отстоявшейся воды, см^3 .

На практике за величину отстоя (O) часто берут само значение V_B , т.е. объем отстоявшейся воды.

4.9. Содержание песка (II)

В глинистой ПЖ этот параметр характеризует степень загрязнения ПЖ абразивной твердой фазой и измеряется в процентах. Содержание песка в ПЖ определяют прибором ОМ-2 (рис. 12), состоящем из отстойника и мерного сосуда.

Порядок работы следующий. Промыть и протереть отстойник, снять крышку 1, отмерить крышкой 50 мл раствора и влить его в отстойник через горлышко. Крышкой зачерпнуть воду, растворить в воде оставшийся на внутренних стенках крышки раствор ПЖ и вылить его в отстойник. Держа отстойник вертикально с помощью крышки налить его водой до уровня отверстия на боковой поверхности отстойника. При переливе воды следует слить излишек через отверстие. Плотнo закрыть отстойник крышкой и повернуть его в горизонтальное положение боковым отверстием вверх. Прижав крышку и закрыв отверстие пальцем, интенсивно взболтать содержимое отстойника. Повернуть отстойник в вертикальное положение, выдержать одну минуту и снять показание по шкале пробирки, соответствующее уровню осевшего песка. Снятая и умноженная на два величина будет показателем содержания песка в ПЖ, выраженная в процентах. Затем следует вылить из отстойника содержимое, промыть его водой и вытереть насухо.

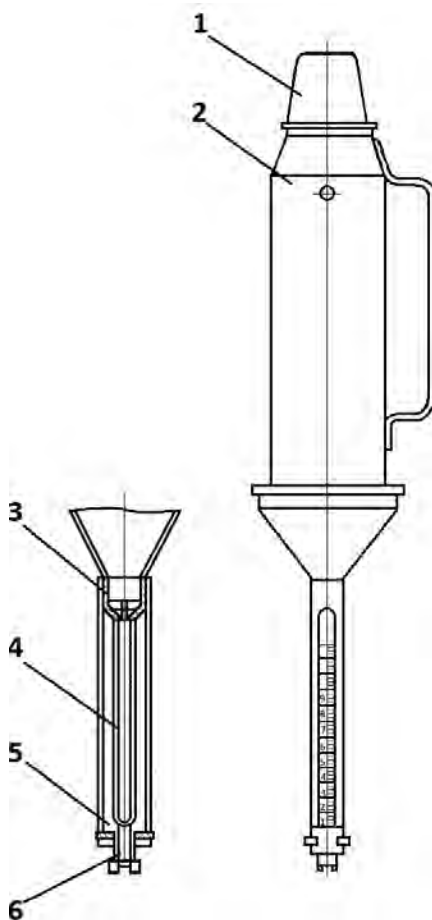


Рис. 12. Общий вид отстойника ОМ-2:
 1 – крышка; 2 – сосуд; 3 – прокладка; 4 – пробирка; 5 – основание;
 6 – опора

4.10. Содержание газа (Г)

Для измерения содержания газа в ПЖ могут быть использованы специальные приборы (ВМ-6М, ВГ-1М), а также метод разбавления. В первом случае содержание газа определяют по оседанию

плунжера под действием дополнительного груза до начала фильтрации (ВМ-6М) и по шкале, имеющейся на приборе (ВГ-1М), при создании давления на ПЖ с помощью винтовой пары. Т.е. по степени уменьшения фиксированного объема ПЖ при сжатии имеющейся в ней газовой фазы. Во втором случае измерение производят с помощью простейшей посуды, поступая следующим образом: В мерный цилиндр (250 мл) с притертой пробкой наливают 50 мл ПЖ, отмеренного мензуркой. Другим мерным цилиндром (200 мл) отмеряют 200 мл воды и выливают в цилиндр с ПЖ предварительно омыв этой водой мензурку, которой отмерялась проба ПЖ.

Цилиндр с разбавленной ПЖ плотно закрывают притертой пробкой, сильно взбалтывают в течение 1 мин и оставляют в покое на 20–30 мин. После опадания пены отмечают объем жидкости в цилиндре $V_{ж}$.

Объем газовой фазы (в %) рассчитывают по формуле

$$\Gamma_{\phi} = 2 (250 - V_{ж}) , \quad (9)$$

где 2 – множитель для получения результата, %;

250 – суммарный объем промывочного раствора с газом и водой, мл.

Основанием для систематического (постоянного) определения содержания газа в ПЖ на буровой является снижение плотности (ρ) ПЖ на выходе из скважины (на желобе) и некоторое ее увеличение после отстаивания в емкостях циркуляционной системы скважины (пробы ПЖ из емкости) с учетом снижения параметра П в результате выпадения шлама из ПЖ.

4.11. Концентрация водородных ионов (рН)

Концентрация водородных ионов (рН) – показатель характера и интенсивности физико-химических процессов в буровом растворе. Для чистой воды при 22 °С рН = 7. При рН > 7 среда имеет щелочной характер, при рН < 7 – кислотный. Для каждой глины существует определенная область значений рН, в которой суспензии этой глины более устойчивы; за пределами этой области наблюдаются коагуляции и разделение суспензии на глину и воду (табл. 3.)

Таблица 3

Значения рН для глинистых суспензий

Характеристика суспензий	Вид глины	Величина рН
Натуральные глинистые растворы (без химической обработки) на пресной воде	Бентонитовые Среднего качества	7,0-8,0 6,0-7,5
Область устойчивого состояния глинистых растворов при обработке щелочными электролитами (без добавления защитных коллоидов)	Бентонитовые Среднего качества	7,0-9,0 7,0-11,0

Для определения концентрации водородных ионов может быть использована индикаторная бумага или лабораторный рН-метр – милливольтметр рН-121. На буровых вышках концентрацию водородных ионов определяют следующим образом. Берут индикаторную бумагу и погружают ее в испытываемую жидкость так, чтобы все цветные полоски были одинаково смочены раствором. Затем вынимают бумагу и немедленно сравнивают цвет индикатора с цветной шкалой на бумаге, имеющей цифровые обозначения рН.

В лабораторных условиях водородный показатель определяют в соответствии с инструкцией, прилагаемой к рН-метру. Для измерения рН испытуемый раствор наливают в специальный стакан и погружают в него электроды. Измеряют рН в обязательном порядке при применении промывочных растворов, обработанных химреагентами и содержащими дисперсную фазу (глина, мел, утяжелители и т.д.).

Лабораторная работа № 1

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГЛИНИСТОЙ БУРОВОЙ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ (ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА)

Проектными документами (технический проект на бурение скважины, геолого-технический наряд и др.) устанавливаются, исходя из условий бурения скважины, технологические параметры промывочной жидкости (ПЖ) или, как ее часто называют, «глинистого раствора» (ГР). Как правило, приготовление ГР осуществляют исходя из необходимости достижения проектной плотности (удельного веса) и условной вязкости ГР.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать потребное количество глины на приготовление ГР заданной плотности. Необходимое количество глины на приготовление определенного объема ГР рассчитывается следующим образом.

а) Определить потребное количество глины по формуле

$$G = \frac{v_p \cdot \gamma_{гл} (\gamma_p - \gamma_в)}{\gamma_{гл} - \gamma_в} \cdot k,$$

где $\gamma_{гл}$ – удельный вес глины;

γ_p – потребный удельный вес глинистого раствора;

$\gamma_в$ – удельный вес воды;

v_p – потребный объем глинистого раствора в литрах;

k – коэффициент, учитывающий влажность глины.

Пример. Задано: $v_p = 3$ л; $\gamma_{гл} = 2,8$ кг/дм³; $\gamma_p = 1,2$ кг/дм³; $k = 1,1$.

Определяем:

$$G = \frac{3 \cdot 2,8 \cdot (1,2 - 1,0)}{2,8 - 1,0} \cdot 1,1 = 1,023 \text{ кг.}$$

б) Определить потребное количество воды по формуле

$$v_{\text{в}} = v_{\text{п}} - \frac{G_{\text{гл}}}{\gamma_{\text{гл}}}.$$

В этом примере $v_{\text{в}} = 3,0 - \frac{1,023}{2,8} = 2,635$ л.

в) Соответственно на приготовление 1 литра ГР потребуется: 0,341 л глины и 0,878 л воды. Объем ГР от 1 до 3 л готовится как правило для лабораторного (в том числе полевого, непосредственно на буровой) входного контроля качества используемого глиноматериала. Контроль обязателен при использовании для приготовления ПЖ нетоварных глинопорошков (тонкодисперсного порошкового глиноматериала, приготовленного и модифицированного в заводских условиях) и местных комовых глиноматериалов доставляемых на объект бурения непосредственно из глинокарьеров.

По результатам лабораторного контроля необходимое удельное количество (вес) глины уточняется и соотношение «глина - вода затворения» пересчитывается на объем смесительного устройства (глиномешалки) входящей в состав конкретной буровой установки.

Пример. Буровая установка укомплектована глиномешалкой объемом $1,5 \text{ м}^3$. Для приготовления $1,5 \text{ м}^3$ ГР надо глины:

$$G_{\text{гл}} = \frac{1,5 \cdot 2,8 \cdot (1,2 - 1,0)}{2,8 - 1,0} = 0,467 \text{ т}$$

и воды для затворения:

$$v_{\text{в}} = 1,5 - \frac{0,467}{2,8} = 1,5 - 0,167 = 1,33 \text{ м}^3.$$

Если по результатам лабораторного теста оказалось, например, что проба ГР объемом 1 л при вводе в 0,878 л воды 0,341 кг глины недостаточно плотная и вязкая и для достижения требуемой плотности и вязкости пришлось ввести 0,4 кг глины (часть твердой песчаной фракции из комовой глины выпала в осадок и т.п.) пересчет

потребного объема глины на приготовление ГР объемом $1,5 \text{ м}^3$ можно определить из выражения:

$$G_{\text{гл}} = \frac{400 \cdot 1330}{878} = 606 \text{ кг.}$$

Конечный объем ГР в глиномешалке при этом составит

$$V_{\text{гр}} = 1330 + \frac{606}{2,8} = 1330 + 216,4 = 1546 \text{ л} \text{ или } 1,546 \text{ м}^3.$$

Из этого объема около 46 литров составит твердая песчаная фаза выпадающая в осадок в количестве $\frac{(0,4 - 0,341)}{0,878} = 0,067 \text{ кг/дм}^3$;

$\frac{0,067}{2,8} = 0,024 \text{ дм}^3/\text{дм}^3$ на каждый литр приготовленного ГР (всего 360 л).

При перемешивании глины с водой удельный вес ГР достигнет $1,25 \text{ г/см}^3$ и затем по мере выпадения песчаного шлама уменьшится до $1,20 \text{ г/см}^3$. Для предотвращения перелива ГР из глиномешалки количество (объем) воды затворения уменьшают на величину объема образующегося песчаного шлама.

2. Порядок приготовления пробы ГР.

Подсчитанное количество глины отвесить на весах и предварительно измельчить (если глина сухая). Залить в лабораторную глиномешалку определенное расчетом количество воды. Пустить в ход глиномешалку и постепенно засыпать в нее глину в расчетном количестве. По окончании загрузки включить таймер. Перемешивание воды и глины производить не менее 30 минут (в зависимости от влажности глины). После приготовления раствора определить его вязкость при помощи вискозиметра СПВ-5 (см. лаб. работу № 2) и сопоставить с заданной величиной. В случае необходимости произвести уменьшение вязкости и плотности до заданной величины путем добавления к раствору воды.

В течение суток после замешивания в зависимости от качества глины может происходить осаждение мехпримесей и ее гидратация с увеличением вязкости ГР. Поэтому технологические параметры ГР замеряются сразу после приготовления и через 8-24 часа после него до их стабилизации.

3. Подготовка пробы ГР по технологии предварительной гидратации: На практике такая технология применяется в случае необходимости повышения структурных характеристик ГР (вязкости, СНС) в процессе бурения вводом глиноматериала в циркуляционную систему скважины.

Она заключается в предварительном приготовлении глинистой пасты путем «замачивания» и перемешивания глиноматериала с минимальными по объему добавками воды для достижения глиноматериалом пастообразной консистенции. После выдержки «пасты» в течение около суток для полной гидратации (наблюдается загущение пасты) ее разбавляют водой до требуемой плотности и условной вязкости ГР. На буровой это осуществляют в специальных устройствах (глиномешалки, фрезерно-струйные мельницы и т.д.).

4. По результатам лабораторных тестов уточняется рабочий регламент приготовления ГР и рассчитывается потребность глиноматериала, жидкости затворения, и, при необходимости, реагентов (сода, стабилизаторы, ингибиторы и т.д.).

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ВЯЗКОСТИ ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Ввиду сложности замера истинной структурной вязкости глинистого раствора на буровых и в лабораториях производится определение условной или кажущейся вязкости глинистого раствора с помощью стандартного полевого вискозиметра СПВ-5. За величину условной вязкости (обозначается буквой T , с) принимается время истечения 500 см^3 испытуемого раствора из вискозиметра СПВ-5.



Рис. 13. СПВ-5

Проведение работы

Перед началом работы необходимо удостовериться в чистоте внутренней поверхности конуса и трубки вискозиметра, а также мерной кружки (см. раздел 4.2)

В случае наличия загрязнений промыть вискозиметр и кружку.

Проверка вискозиметра

Проверку вискозиметра в лабораториях следует производить перед началом каждого измерения, не реже одного раза в месяц.

При проверке определяется «водяное число» вискозиметра: время истечения из вискозиметра 500 см^3 воды.

Последовательность работ при проверке вискозиметра следующая.

1. Отмерить кружкой $700 (500+200) \text{ см}^3$ воды и залить ее в вискозиметр, предварительно зажав конец трубки пальцем.
2. Поставить под вискозиметр верхнее (большее) отделение мерной кружки.
3. Освободить конец трубки, убрав палец, одновременно включить секундомер.
4. В момент заполнения кружки остановить секундомер.
5. Замерить время истечения воды – «водяное число».

Водяное число стандартного вискозиметра СПВ-5 должно составлять $15 \pm 0,2$ с. В случае, если водяное число выходит из указанных пределов, вискозиметр нужно заменить.

Измерение вязкости глинистого раствора

1. Отмерить кружкой 700 см^3 испытуемого раствора и залить его в вискозиметр. Раствор необходимо процедить через сетку для очистки его от глины и крупных частиц песка.

2. Подставить под вискозиметр верхнее (большее) отделение кружки.

3. Открыть нижний конец трубки вискозиметра, одновременно включив секундомер.

4. В момент заполнения кружки остановить секундомер и закрыть отверстие трубки вискозиметра во избежание разлива раствора.

5. После окончания работы вискозиметр, мерную кружку и сетку промыть и протереть насухо.

Примечание. Выпускаются модификации СПВ-5 объемом 700 см^3 , порядок работы на них тот же. ПЖ наливают мерной кружкой через сетку в воронку (конус) вискозиметра до краев воронки. Упрощается сам процесс замера.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА (ПЛОТНОСТИ) ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

В практике бурения принято определять удельный вес (плотность) глинистого раствора как вес 1 см^3 раствора в граммах. Обозначается удельный вес буквой γ , размерность его г/см^3 (плотность – буквой ρ).

Удельный вес глинистого раствора может быть определен различными способами. Описание их приводится ниже.

А. Определение плотности глинистого раствора с помощью ареометра АГ-2 (АГ-1)

Ареометры АГ-1 и АГ-2 предназначены для определения плотности глинистых и цементных растворов (см. п. 4.1).



Рис. 14. АГ-1

Прибор имеет два предела измерений (две шкалы).

Ареометр АГ-1 имеет шкалы:

1-я шкала от 1,00 до 1,80 г/см³;

2-я шкала от 1,70 до 2,50 г/см³.

Ареометр АГ-2 устроен аналогично, но имеет другие пределы измерений:

1-я шкала от 0,90 до 1,70 г/см³;

2-я шкала от 1,60 до 2,40 г/см³.

По первой шкале ареометр работает при навернутом грузе, по второй – при снятом грузе.

Цена одного деления на шкале ареометра 0,02 г/см³. Погрешность измерения ареометра не свыше 0,01 г/см³.

Порядок выполнения работы

Подготовка прибора.

1. Открыть крышку ведра и извлечь ареометр.
2. Налить в ведро воду.
3. Поворотом поплавка относительно стакана отделить их друг от друга.
4. Проверить чистоту стакана и поплавка и при необходимости промыть их водой.

Проверка прибора.

Проверка прибора в лабораторных условиях должна производиться перед каждым циклом измерений, на буровых – не реже одного раза в месяц.

Последовательность работ при проверке ареометра следующая:

1. Поставить стакан в вертикальное положение и налить в него воду до уровня отверстий стакана.
2. Соединить поплавок со стаканом.
3. Погрузить ареометр в ведро с водой. При пресной воде ареометр должен погрузиться под уровень воды в ведре до деления на шкале, обозначенного цифрами 1,00 с точностью $\pm 0,005$ г/см³. При плотности воды в ведре и в ареометре, большем 1,000 г/см³, поплавок погрузится меньше – ниже деления, обозначенного цифрами 1,00. На ряде модификаций ареометров имеется дополнительная шкала поправок, по ней и отсчитывается значение поправки, например, в данном случае поправка будет иметь значение плюс (+).

При отсутствии шкалы поправок к результатам замера плотности глинистого раствора следует прибавлять поправку, определяемую из показания ареометра, заполненного водой, в которую он погружается.

Измерение плотности глинистого раствора

1. Налить в вымытую крышку ведра пробу раствора и перемешать ее.

2. Удерживая стакан ареометра вертикально, налить в него испытуемый раствор до отверстий стакана.

3. Соединить стакан с поплавком, при этом из стакана выдавливается избыток раствора и таким образом отмеряется необходимый объем испытуемого раствора.

4. Смыть водой выдавленный раствор, придерживая ареометр в вертикальном положении, чтобы испытуемый раствор не вытекал через неплотности затвора (байонетного типа или резьбы, в зависимости от модификации прибора).

5. Погрузить ареометр в ведро с чистой водой.

6. Прочсть показание на шкале ареометра на уровне воды в ведре. При навернутом грузе отсчет брать по левой шкале. Если ареометр погрузится в воду выше верхнего деления, то следует его вынуть, отвернуть груз, вновь погрузить в воду и взять отсчет по правой шкале.

7. При использовании ареометра с соленой водой для замеров (например, на морских буровых платформах) внесение поправки обязательно (см. проверка прибора).

8. Разобрать ареометр, промыть его водой, вылить воду из ведра, вытереть насухо ареометр, ведро и крышку ведра.

Б. Определение удельного веса глинистого раствора с помощью весов ВРП

Весы-плотномер представляют собой весы рычажного типа. Они предназначены для определения удельного веса (плотности) глинистого раствора (см. п. 4.1.1).



Рис. 15. ВРП-1

Порядок выполнения работы

Подготовка прибора.

1. Снять с подставки рычаг и поставить его на стол.
2. Установить уровень на плиту и, пользуясь регулировочными винтами, добиться установки стойки весов в горизонтальное положение.
3. Открыть крышку стакана, проверить чистоту стакана и рычага. В случае надобности промыть их водой.

Проверка прибора.

Перед началом работы необходимо произвести проверку весов.

1. Поставить рычаг со стаканом на стол и наполнить стакан водой до верхнего края.
2. Плотно закрыть стакан крышкой. При этом из него через отверстие в крышке выдавится избыток воды и таким образом отмерится необходимый объем.
3. Вытереть насухо верхнюю поверхность крышки, удалив с нее избыточную воду.
4. Поставить рычаг со стаканом на подставку.
5. Переместить передвижной груз по шкале так, чтобы риска, имеющаяся посредине его, находилась против деления 1,00 на шкале.

При пресной воде рычаг весов должен установиться таким образом, чтобы верхняя грань указателя рычага находилась на одной линии с верхней гранью указателя подставки. В случае, если указатели не совпадают, необходимо отвернуть крышку противовеса и, изменяя количество свинца, находящегося внутри его, добиться, чтобы рычаг устанавливался горизонтально, т.е. чтобы риски совпадали. Для работы с противовесом рычаг весов вместе с противовесом и стаканом лучше снимать с подставки.

Определение удельного веса глинистого раствора

1. Тщательно перемешать пробу раствора.
2. Поставить рычаг со стаканом на стол и, открыв крышку стакана, заполнить его испытуемым раствором до верхнего края.
3. Плотно закрыть крышку, выдавив избыточный раствор.
4. Удалить выдавленный раствор с верхней грани крышки.
5. Поставить рычаг со стаканом на подставку.

6. Перемещая передвижной груз по шкале, добиться установки рычага в горизонтальное положение, т.е. совпадения верхних граничных указателей рычага и подставки.

7. Прочитать показание на шкале против риски, имеющейся на передвижном грузе.

8. Снять рычаг с подставки, открыть крышку стакана, вылить раствор, промыть и вытереть насухо все части весов.

В. Определение удельного веса глинистого раствора с помощью пикнометра

Этот метод (см. п. 4.1.3) позволяет произвести определение удельного веса жидкости при небольшом количестве ее (25–50 см³). При наличии чувствительных аналитических весов и при внесении поправок на потерю веса в воздухе, изменение плотности воздуха, температуры, влажности точность измерения может быть доведена до 0,00001 г/см³.

Однако, при измерении удельного веса глинистого раствора достаточно, даже в глубоком бурении, точность до третьего знака после запятой.

Аппаратура: пикнометр объемом 50 см³, имеющий пробку с капиллярным отверстием; аналитические весы; разновески; пипетка на 25 см³; термометр на 100 °С; колба объемом 250 см³; дистиллированная вода 60 см³.

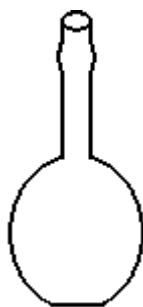


Рис. 16. Пикнометр

Порядок выполнения работы

Подготовка прибора. Калибровка пикнометра.

Перед началом работы необходимо тщательно промыть пикнометр и высушить его в сушильном шкафу.

Прежде чем производить измерение удельного веса раствора, необходимо откалибровать пикнометр.

Калибровка производится следующим образом.

1. Определить на аналитических весах вес высушенного пустого пикнометра с точностью до 4-го знака (Q_0).

2. Заполнить пикнометр дистиллированной водой и закрыть пробкой, выдавив избыточную воду через отверстие в ней.

3. Протереть пикнометр снаружи.

4. Определить вес пикнометра с водой с точностью до 4-го знака (Q_1).

5. Определить разность весов ($Q_1 - Q_0$), которая даст нам вес воды (Q_2).

6. Внеся поправку на температуру (табл. 4), получим объем пикнометра в см^3 (v_0).

Таблица 4

Удельный вес дистиллированной воды
при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$\gamma, \text{г/см}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\gamma, \text{г/см}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\gamma, \text{г/см}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\gamma, \text{г/см}^3$
0	0,99987	14	0,99927	28	0,99626	50	0,98807
1	0,99993	15	0,99913	29	0,99597	55	0,98573
2	0,99997	16	0,99897	30	0,99567	60	0,98324
3	0,99999	17	0,99880	31	0,99537	65	0,98059
4	1,00000	18	0,99862	32	0,99505	70	0,97781
5	0,99999	19	0,99843	33	0,99473	75	0,97480
6	0,99997	20	0,99823	34	0,99440	80	0,97183
7	0,99993	21	0,99802	35	0,99406	85	0,96865
8	0,99988	22	0,99780	36	0,99371	90	0,96534
9	0,99981	23	0,99756	37	0,99336	95	0,96192
10	0,99973	24	0,99732	38	0,99299	100	0,95838
11	0,99963	25	0,99707	39	0,99262		
12	0,99952	26	0,99681	40	0,99224		
13	0,99940	27	0,99654	45	0,99024		

Пример.

Вес пикнометра (Q_0).	9,3024 г
Вес пикнометра с водой (Q_1).	34,0454 г
Вес воды ($Q_2 - Q_1$) = 34,0454 – 9,3024 =	24,7430 г
Температура	15 °С
Поправка на температуру по табл. 4 γ_{15} =	0,999127
Объем пикнометра $v_0 = \frac{Q_2}{\gamma_{15}} = \frac{24,7430}{0,999127} =$	24,7636

Определение удельного веса глинистого раствора.

1. Высушить пикнометр в сушильном шкафу.
2. Определить на аналитических весах вес пустого пикнометра с точностью до 4-го знака (Q_0).
3. Перемешать пробу раствора.
4. Отобрать пипеткой 25 (50) см³ испытуемого раствора и наполнить им пикнометр.
5. Закрыть пробку пикнометра, выдавив избыточный глинистый раствор.
6. Протереть пикнометр насухо.
7. Определить на аналитических весах вес пикнометра, заполненного глинистым раствором (Q_3) с точностью до 4-го знака.
8. Определить разность весов второго и первого взвешиваний ($Q_3 - Q_0$), которая даст вес глинистого раствора в объеме пикнометра (Q_4).
9. Разделив вес глинистого раствора на объем пикнометра, получим удельный вес испытуемого раствора (в Г) см³. Конечный результат округлить до третьего знака.

Пример. Объем пикнометра $v_0 = 25$ см³;
 вес сухого пикнометра $Q_0 = 9,1255$ г;
 вес пикнометра с глинистым раствором $Q_3 = 39,4406$ г;
 вес глинистого раствора $Q_4 = Q_3 - Q_0 = 39,4406 - 9,1250 = 30,3150$ г;
 удельный вес глинистого раствора $\gamma = \frac{Q_4}{v_0} = \frac{30,3150}{25} = 1,226$ г/см³;
 округляя до третьего знака, находим $\gamma = 1,213$ г/см³.

Примечания:

а) Определение плотности ПЖ на буровой при отсутствии специального лабораторного оборудования возможно с использованием бытовых весов и емкостей. Тарировка емкости (по объему) может быть осуществлена аналогично изложенному выше на пресной (технической) воде. Точность замера плотности ПЖ будет определяться чувствительностью имеющихся (пружинных, механических, электронных) весов.

б) При замере плотности ПЖ особое внимание уделяется дегазации (деаэрации) пробы ПЖ перед замером плотности. Простейший метод дегазации – отстаивание ПЖ с периодическим перемешиванием (для разрушения ее структуры). Наиболее эффективная дегазация – это вакууммирование ПЖ.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ И ОТСТОЯ ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Стабильность – это свойство, характеризующее способность глинистого раствора удерживать частицы выбуренной породы во взвешенном состоянии в течение продолжительного времени (см. п. 4.7).

Стабильность определяется путем сопоставлений значений удельного веса раствора в его верхней и нижней половине, после нахождения объема раствора в покое в течение 24 часов.

Стабильность обозначается буквой С, размерность ее г/см^3 .

Отстой характеризует способность глинистого раствора выделять воду при нахождении его в спокойном состоянии при атмосферном давлении. Таким образом, отстой косвенно характеризует стабильность.

Отстой обозначается буквой О, размерность – %.

Определение стабильности производится с помощью стеклянного мерного цилиндра емкостью 200–250 см^3 , либо с помощью специального металлического цилиндра ЦС. Последний, в связи с большей прочностью, чаще применяется на буровых.

А. Определение стабильности с помощью мерного цилиндра

1. Проверить чистоту цилиндра, промыть его водой.
 2. Установить цилиндр строго вертикально в специальном месте, где нет вибрации.
 3. Заполнить цилиндр испытуемым раствором до метки 200 см^3 и засечь время.
 4. Оставить раствор в покое на 24 часа.
 5. Через 24 часа с помощью пипетки отобрать верхнюю половину (100 см^3) раствора вместе с отстоявшейся водой.
 6. Тщательно перемешать каждую часть раствора.
 7. Определить удельный вес обеих частей раствора с помощью пикнометра (см. работу № 3), разность которых и даст величину стабильности.
 8. Тщательно вымыть и вытереть насухо цилиндр.
- Измерение удельного веса раствора может быть произведено весами ВРП, ареометрами АГ или пикнометром.

Б. Определение стабильности с помощью цилиндра ЦС-2

1. Промыть цилиндр водой.
2. Установить цилиндр на подставку в спокойном месте, где нет вибрации.
3. Заполнить цилиндр испытуемым глинистым раствором до верхнего края и записать время.
4. Оставить раствор в покое на 24 часа.
5. Через 24 часа слить в стакан ареометра верхнюю часть раствора и определить ее плотность
6. Затем слить в ареометр нижнюю часть раствора и определить ее плотность
7. Определить стабильность как разность замеренных плотностей нижней и верхней частей раствора.



Рис. 17. ЦС-2

8. Вымыть цилиндр и ареометр и вытереть насухо.

Примечания.

1. Вода в ведре, в которое погружается ареометр, не должна меняться за время этих двух измерений.
2. При наличии пикнометра или рычажных весов определение удельного веса может быть произведено этими приборами.

В. Определение отстоя

Для определения отстоя нужно иметь градуированный цилиндр объемом 100 см^3 и высотой более 10 см. Порядок выполнения работы см. п. 4.8.

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА

Усилие, отнесенное к единице площади, при котором нарушается структура глинистого раствора и он начинает двигаться, называется статическим напряжением сдвига.

Статическое напряжение сдвига обозначается буквой θ , размерность его $\text{мг}/\text{см}^2$, $\text{г}/\text{см}^2$, МПа ($1 \text{ мг}/\text{см}^2 = 1 \cdot 10^3 \text{ г}/\text{см}^2 = \dots \text{ МПа}$).

Величина статического напряжения сдвига может быть определена несколькими способами.

А. Определение статического напряжения сдвига приборами с соосными цилиндрами

В настоящее время при определении статического напряжения сдвига наибольшее распространение имеют приборы с соосными цилиндрами. Они выпускаются с приводом от электромотора (прибор СНС-1, ротационные вискозиметры).

Подготовка прибора к работе

1. Установить прибор СНС-1 (см. п. 4.3.1) на устойчивом прочном столе, где отсутствуют вибрации.
2. Подвесить подвесную систему прибора за верхний конец нити к пробке кронштейна.
3. С помощью регулировочных винтов добиться соосного расположения цилиндра.
4. Установить «0» шкалы против риски на стрелке указателя прибора путем осторожного и плавного поворота пробки в гнезде кронштейна.
5. Снять подвесную систему и положить ее на стол.
6. Подключить прибор к сети и включением тумблера проверить работу мотора.
7. Взять секундомер и положить его рядом с прибором.



Рис. 18. СНС-1

Проведение измерений

1. Взять пробу ПЖ и энергично взболтать ее.
2. Зачерпнуть пробу меркой и залить ее в установленный на столике внешний цилиндр.
3. Погрузить подвесной цилиндр во внешний цилиндр и подвесить нить на пробку. При этом нужно следить, чтобы верхний торец его не погрузился под уровень ПЖ.
4. Осторожно долить ПЖ, чтобы уровень ее достиг точно верхнего края подвесного цилиндра.
5. Взять в левую руку секундомер, а правой осторожно поворачивая подвесную систему перемешать ПЖ. После перемешивания поставить «0» шкалы против риски на стрелке прибора и одновременно пустить в ход секундомер.
6. По истечении одной минуты по секундомеру нажатием тумблера включить мотор и наблюдать за движением подвесного ци-

линдра по шкале прибора. После остановки подвесного цилиндра произвести отсчет по шкале в градусах.

7. Поворотом подвесной системы за трубку вернуть «0» шкалы к риску на стрелке.

8. Повторить замер угла закручивания три раза и взять среднее значение.

9. Повторить замер величины статического напряжения сдвига три раза после оставления раствора в покое на 10 мин.

10. При проведении измерений и установке шкалы «0», наблюдающий должен следить за совпадением рисок, нанесенных на прозрачной стрелке с обеих ее сторон, с целью исключения ошибки параллакса при отсчете.

11. Производство каждого замера от момента пуска мотора до момента остановки подвесного цилиндра не должно продолжаться более 1 мин, чему соответствует максимальный отсчет 70° . Если замер продолжался более 1 мин. Его следует признать некачественным, выбранный предел измерений – недостаточным. В этом случае следует заменить нить на более толстую и повторить замер.

12. Если показания прибора находятся в пределах 10° , замер также следует признать неточным, а выбранный предел измерений слишком большим. В этом случае следует заменить нить на более тонкую с меньшим пределом измерения.

13. Полученное в результате показание (f) в градусах следует пересчитать в $\text{мг}/\text{см}^2$ путем умножения среднего значения от трех отсчетов на коэффициент C , соответствующий данной нити, который приводится в паспорте каждого прибора (значения коэффициента C для приборов, имеющих в лаборатории, приводятся в сводной таблице).

$$\theta = C \cdot f .$$

14. Определить коэффициент тиксотропии α как отношение величины статического напряжения сдвига через 10 мин. (θ_{10}) к величине статического напряжения сдвига через 1 мин. (θ_1)

$$\alpha = \frac{\theta_{10}}{\theta_1} .$$

15. После проведения измерений промыть все детали, насухо вытереть их и подвесной цилиндр поставить внутрь наружного цилиндра, не подвешивая его на нить.

16. Убрать прибор в шкаф для предохранения его от пыли.

Лабораторная работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ВЯЗКОСТИ И ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРА С СООСНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

Приближенное определение констант τ_0 и η можно производить при помощи прибора с соосными цилиндрами (типа СНС-1). Описание этого прибора и подготовка его к работе описаны в работе № 5. Порядок работы при определении констант τ_0 и η с помощью этого прибора следующий.

1. После заполнения ПЖ внешнего цилиндра до верхнего края подвесного цилиндра, перемешать ПЖ и, установив шкалу на нуль, включить секундомер (см. работу № 5).

2. По истечении одной минуты включить мотор и наблюдать за движением подвесного цилиндра по шкале прибора. После остановки цилиндра (разрушения структуры раствора) взять первый отсчет по шкале прибора в градусах (f_1), который будет соответствовать величине статического напряжения сдвига (θ).

3. Выключив мотор, остановить наружный цилиндр, после чего внутренний цилиндр начнет вращаться в обратную сторону. После прекращения вращения внутреннего цилиндра взять второй отсчет по шкале в градусах (f_2), который и будет соответствовать величине динамического напряжения сдвига (τ_0).

4. Повторить замер три раза и взять среднее значение f_1 и f_2 .

5. Определить величину динамического напряжения сдвига по формуле

$$\tau_0 = C_0 \cdot f_2 \text{ мг/см}^2,$$

где C_0 – постоянная нити и прибора (приводится в паспорте прибора).

6. Определить величину структурной вязкости глинистого раствора по формуле

$$\eta = C_1(f_1 - f_2),$$

где C_1 – постоянная прибора и нити, определяемая по формуле

$$C_1 = \frac{30 \cdot C_0 \cdot \Delta r}{\pi \cdot r \cdot n \cdot 10}; \quad \Delta r = R - r,$$

где r – радиус внутреннего цилиндра;

R – радиус наружного цилиндра;

n – число оборотов наружного цилиндра в минуту;

10 – учитывает перевод размерности.

Для прибора СНС-1 $r = 2,0$ см, $R = 3,0$ см, $n = 0,2$ об/мин (по паспорту).

На основании этих данных постоянная C_1 для прибора СНС-1 легко может быть подсчитана

$$C_1 = 2,4 \cdot C_0.$$

В окончательном виде формула для определения величины структурной вязкости, после подстановки, имеет вид

$$\eta = 2,4 \cdot C_0 \cdot (f_1 - f_2) = 2,4 \cdot (\theta - \tau_0).$$

Примечание. Для точного замера структурной вязкости и динамического напряжения сдвига применяют приборы типа ВСН (ротационные вискозиметры).

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДООТДАЧИ ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Водоотдача глинистых растворов (обозначается буквой B , размерность – см^3 за 30 минут) характеризует способность глинистого раствора выделять воду при создании определенного перепада давления.

Существуют два метода создания перепада давления – метод создания вакуума и метод создания избыточного давления.

В настоящее время применяется ряд приборов для определения водоотдачи. В отечественной практике чаще используют прибор ВМ-6 различных модификаций. Наиболее распространенная из них приведена на фото. В ней фильтрационный стакан (см. п. 4.4.1) выполняет функцию стойки прибора а клапаном служит резиновая пробка перекрывающая дренажный канал для отвода фильтрата из-под фильтра прибора укладываемого в поддон-основание фильтрационного стакана.

А. Определение водоотдачи глинистых растворов с помощью прибора ВМ-6



Рис. 19. ВМ-6

Проведение работы

Подготовка к работе

1. Установить прибор на столе.
2. Вынуть плунжер из цилиндра и положить его рядом с кронштейном.
3. Отвернуть цилиндр, проверить, закрыта ли игла, и положить на стол.
4. Разобрать стакан, вывернув его из поддона.
5. Кружки фильтровальной бумаги смочить водой и уложить в поддон фильтровального стакана, после чего убрать избыток воды с поверхности бумаги, промокнув его сухим листком фильтровальной бумаги. (В случае если фильтровальная бумага непрочна, следует класть два листка фильтра).
6. На фильтр уложить уплотнительное резиновое кольцо и навернуть фильтровальный стакан на поддон тем самым плотно зафиксировав фильтр в основании стакана.
7. Плотно закрыть резиновой пробкой дренажное отверстие в основании фильтрационного стакана.
8. Подготовить секундомер, положив его рядом с прибором.

Проведение измерения

1. Взять ведро с пробой ПЖ и тщательно перемешать ее.
2. Заполнить стакан прибора ПЖ с помощью кружки от вискозиметра (малый объем) на 3–4 мм ниже края горлышка.
3. Тщательно обтереть резьбу стакана от раствора.
4. Навернуть на стакан цилиндр, предварительно проверив исправность прокладки.
5. Налить в цилиндр машинное масло. Масло следует наливать на внутренний край цилиндра так, чтобы струя масла не разбивала раствора, не смешивалась с ним; масло следует не доливать на один сантиметр до верхнего края втулки цилиндра.
6. Вставить плунжер в цилиндр, при этом он просядет за счет сжатия воздуха в его полости на 2–3 см.
7. Приоткрыть спускную иглу (игольчатый вентиль) и, вращая плунжер рукой за накатку на грузе, подвести нулевое деление на шкале к риску на верхнем крае втулки цилиндра. Проверить, нет ли

утечки масла. Если не удастся установить прибор точно на нуль и нулевое показание опустится ниже, то следует записать «исходное» показание прибора (поправку).

8. Взять в левую руку секундомер, а правой рукой убрать резиновую пробку-клапан из дренажного отверстия. В момент открытия клапана пустить в ход секундомер. Замер «пошел». Внимание: при выполнении операций по п. 6, 7 и 8 необходимо вплоть до удаления пробки-клапана осуществлять ее фиксацию в седле клапана (пальцем), так как при создании плунжером давления (п. 6) в фильтрационном стакане, возможен самопроизвольный «выброс» пробки из дренажного отверстия поступающим в него при сжатии пробы ПЖ фильтратом.

9. Записать отсчеты показаний прибора через 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30 минут. При взятии отсчета глаз должен находиться на уровне отсчетной риски втулки цилиндра и на расстоянии от нее 30–40 см. Отсчеты за первые 10–20 с фильтрации технологи могут называть «мгновенной фильтрацией», за 30 мин – «интегральной», они учитываются при оптимизации параметров ПЖ.

10. При большом количестве замеров в целях экономии времени можно взять два отсчета за 2-ую и за 10 минут и с помощью прилагаемого к прибору бланка с логарифмической сеткой проинтерполировать прямую $B = f(t)$ и определить водоотдачу B за 30 минут.

Этот метод может быть применен также в тех случаях, когда ПЖ имеет водоотдачу большую, чем 40 см^3 за 30 мин.

11. После взятия отсчетов открыть спускную иглу (игольчатый вентиль), выпустить масло из цилиндра и опустить плунжер с грузом. После чего при открытой игле вынуть плунжер из цилиндра и, если конец его запачкан раствором, смыть раствор.

12. Отвернуть цилиндр со стаканом и слить масло из чашки цилиндра в бачок с маслом.

13. Промыть фильтрационный стакан не разбирая его, для чего подставить его горлышко под струю воды, при этом масло всплывет и уйдет из стакана вместе с водой и глинистым раствором; затем вылить воду и остаток раствора из стакана.

14. Разобрать стакан.

15. После снятия фильтра с глинистой коркой на нем, определяют ее толщину и коэффициент липкости (КТК) при наличии приборов согласно п. 4.5, 4.6.

16. Вымыть и вытереть детали фильтрационного стакана и собрать их.

17. Вымыть и вытереть цилиндр; проверить, не загрязнена ли внутренняя поверхность втулки глинистым раствором, прочистить втулку, смазать ее машинным маслом и навернуть цилиндр на стакан.

18. Вставить плунжер, смазанный маслом, в цилиндр и установить прибор на полку (в шкаф, ящик).

19. Хранить прибор следует в собранном виде в защищенном от пыли месте. Транспортировать прибор лучше в разобранном виде: металлические детали отдельно от пластиковых, т.к. наиболее распространенный вид повреждения этого прибора – слом пластиковой горловины фильтрационного стакана при транспортировке прибора с навернутыми на стакан цилиндром и вставленным в него массивным плунжером.

Примечания: 1. Применяемое при работе прибора машинное масло должно быть не густым. В случае необходимости следует разбавить его керосином для разжижения.

2. Нельзя промывать плунжерную пару бензином, т.к. это может вызвать ее заедание.

Б. Определение толщины глинистой корки

После определения водоотдачи следует осторожно извлечь образовавшуюся глинистую корку вместе с фильтром, смыть водой слой ПЖ с нее, после чего определить ее толщину одним из указанных ниже методов.

I метод. Вынутый фильтр с глинистой коркой поместить на стеклянную пластинку, определить толщину корки в мм с помощью линейки, имеющей миллиметровые деления (п. 4.5).

II метод (более точный).

1. Фильтр с глинистой коркой поместить на стеклянную пластинку.

2. Стеклянную пластинку с коркой установить на плиту прибора, служащего для определения нормальной густоты цементного теста (игла Вика).

3. Осуществить замер толщины глинистой корки по шкале прибора путем ее зондирования.

Лабораторная работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПЕСКА В ГЛИНИСТОМ РАСТВОРЕ

Определение процентного содержания песка в глинистом растворе (обозначается *П*) производится с помощью полевого металлического отстойника ОМ-1 или пластикового ОМ-2 (см. п. 4.9 и фото ОМ-2). Порядок выполнения замера прост и изложен в п. 4.9.



Рис. 20. ОМ-2

Лабораторная работа № 9

ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Имеется много буровых реагентов для регулирования технологических параметров глинистых растворов и промывочных жидкостей другого типа. Ниже приводится перечень наиболее распространенных в Республике Беларусь реагентов. Главное и общее правило использования буровых реагентов – это их идентификация до начала работы с ними, особенно в условиях буровой, и соблюдение правил техники безопасности при контакте с химически активными веществами.

А. Регуляторы щелочности водной фазы ГР

Способствуют гидратации и пептизации глинистой фазы («распусканию» глины).

1. Каустическая сода ($NaOH$).
2. Кальцинированная сода (Na_2CO_3).

Оба эти реагента представляют собой щелочи, причем первый является более щелочным, чем второй.

Добавка небольшого количества каустической или кальцинированной соды приводит к повышению вязкости уменьшению отстоя и водоотдачи. При добавлении же избыточного количества соды происходит коагуляция частиц глины.

Оптимальной для «распускания» глины является слабощелочная среда с $pH \approx 8$.

Внимание. Каустическая сода – «едкий натр» как в жидком так и твердом виде при попадании на кожу вызывает химический ожог. Попадание в глаза недопустимо.

Б. Реагенты-стабилизаторы

Б.1. Природные материалы – каустобиолиты, содержащие гуминовые кислоты. К ним относят широко распространенные в Беларуси торф, бурый уголь, сапропель. При обработке щелочами эти материалы образуют вещества (натриевые соли гуминовых кислот), являющиеся комбинированными реагентами-стабилизаторами ГР.

Соответственно реагенты называются торфощелочной реагент (ТЩР), углещелочной реагент (УЩР). Безглинистые ПЖ могут приготавливаться полностью из торфа высокой степени разложения или сапропеля. В таких ПЖ сам органогенный торфо-сапропелевый материал является твердой фазой, а их стабилизация осуществляется также щелочной обработкой. На практике ПЖ в процессе бурения могут иметь в своем составе и глинистый и органогенный материал (глинисто-сапропелевые ПЖ). Натриевые соли гуминовых кислот являются стабилизаторами пресных и слабоминерализованных ПЖ.

Б.2. Крахмал – природное органическое соединение. Применяется как стабилизатор глинистого раствора от воздействия минеральных вод.

Б.3. Декстрин – промежуточный продукт гидролиза крахмала. В зависимости от концентрации добавки декстрина увеличивают сопротивляемость ПЖ коагуляции либо вызывают ее коагуляцию.

Б.4. Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) – стабилизатор ПЖ.

Перед обработкой глинистого раствора приготавливается водный раствор реагента (10–30 % концентрации).

Рецептура обработки подбирается в зависимости от свойств применяемой глины и требований по соблюдению проектных технологических параметров ПЖ отраженных в геолого-техническом наряде на бурение скважины.

Кроме указанных имеется большое количество полимерных (полиакрилонитрил, полиакриламид и т.п.) и других материалов (реагентов) для стабилизации ПЖ. Их применение в скважинах регламентируется специальной технологической документацией. Соблюдение экологических требований по охране подземных вод от загрязнения является одним из главных условий приемлемости буровых реагентов и материалов в конкретных горно-геологических условиях. В первую очередь это относится к реагентам, получаемым из отходов промышленности (например, сульфит-спиртовая бирда – ССБ и отходы целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности).

В. Обработка глинистого раствора реагентом

1. Налить в сосуд нормальный глинистый раствор в количестве, необходимом для исследования, тестирования (не менее одного литра).

2. Добавить к раствору приготовленный заранее реагент в требуемом количестве (по указанию руководителя лабораторных работ, на буровой-инженера технолога или бурового мастера), в зависимости от качества применяемой глины и в зависимости от того, какие параметры раствора желательно изменить.

3. После добавления реагента в раствор, последний тщательно перемешать в лабораторной мешалке (на буровой – миксерами, подручными средствами) в течение 0,5 часа и оставить в покое на 1–2 часа.

4. По истечении указанного срока определить вязкость раствора и при необходимости разбавить его водой до получения требуемого значения этого параметра по СПВ-5.

5. Определить все технологические параметры обработанного раствора и сравнить их с исходными.

Г. Приготовление стабилизированного ГР с изменением порядка ввода реагентов

Г.1. Приготовление ГР на предварительно обработанной щелочью жидкости затворения.

Г.2. Стабилизация ГР вводом сухого реагента стабилизатора.

Г.3. Стабилизация ГР вводом предварительно приготовленного раствора реагента стабилизатора.

Порядок ввода реагентов в ПЖ непосредственно на буровой определяется, как правило, условиями производства и техническим обеспечением буровых работ.

Д. Приготовление углещелочного и торфощелочного реагентов

Углещелочной реагент приготавливается из бурого угля (торфощелочной – торфа), каустической соды и воды.

Лучшими углями или торфами для приготовления реагента являются те, которые содержат большое количество гуминовых кислот.

Процентное содержание в реагенте бурого угля (торфа) и каустической соды (по отношению к содержанию воды, которое принимается равным 100 %) обозначается шифром. Например, Б-15-2.

Здесь буква Б (для торфа Т) показывает, что в состав реагента входит бурый уголь (или торф), а цифры 15 и 2 соответственно характеризуют процентное содержание безводного бурого угля и безводной каустической соды в реагенте.

В промышленной практике принято приготавливать реагенты с содержанием бурого угля в пределах 10–12 % и щелочи 1–5 % по отношению к воде.

Подготовка к работе

1. Зная шифр реагента, определить потребное количество влажного бурого угля по формуле

$$P_y = \frac{Q_y}{1 - 0,01 \cdot n},$$

где Q_y – количество безводного бурого угля (первая цифра в шифре);
 n – влажность бурого угля, %.

2. В случае, если влажность бурого угля неизвестна, определим ее (методом термического обезвоживания).

3. В случае, если каустическая сода имеется не в сухом виде, а в растворе, следует определить потребное количество раствора каустической соды по формуле

$$v_0 = \frac{Q_c}{0,01 \cdot m},$$

где Q_c – количество безводной каустической соды, потребное для приготовления реагента, г;

v_0 – объем раствора соды, необходимый для приготовления реагента, см³;

m – содержание соды в жидком растворе, %.

4. Для определения процентного содержания соды в растворе, необходимо замерить удельный вес раствора соды ареометром и найти содержание соды по табл. 5.

Приготовление реагента

1. Налить в мерный цилиндр половину необходимого количества воды (100–200 см³) и определенное расчетом количество каустической соды.

2. Взять бурый уголь, растереть его в порошок и просеять через сито.

3. Отвесить расчетное количество бурого угля и высыпать его в мерный цилиндр с раствором каустической соды.

4. Перелить смесь в колбу и перемешивать ее в течение 30 минут.

5. Добавить вторую половину потребного количества воды и продолжать перемешивание еще 30 минут.

6. По истечении 1 часа перемешивания смеси реагент может быть применен для обработки раствора.

Таблица 5

Содержание едкого натра (твердой кристаллической каустической соды) в водных растворах различного удельного веса при 15 °С

Удельный вес, γ	Гра-дусы Боме	% едкого натра	Содержание едкого натра в 1 л раствора, г	Удельный вес, γ	Гра-дусы Боме	% едкого натра	Содержание едкого натра в 1 л раствора, г
1,007	1	0,59	6,0	1,383	40	35,00	484,1
1,036	5	3,15	32,6	1,397	41	36,36	507,9
1,075	10	6,58	70,7	1,410	42	37,65	530,9
1,116	15	10,30	114,9	1,424	43	39,06	556,2
1,162	20	14,35	166,7	1,433	44	40,47	582,0
1,210	25	18,71	226,4	1,453	45	42,02	610,6
1,253	30	23,50	296,9	1,463	46	43,38	639,8
1,320	35	28,83	380,6	1,483	47	45,16	669,7
1,332	36	30,00	399,6	1,498	48	46,73	700,0
1,345	37	31,20	419,6	1,514	49	48,41	782,9
1,357	38	32,50	441,0	1,530	50	50,10	776,5
1,370	39	33,73	462,1	-	-	-	-

Е. Приготовление сапропелевой (органогенной) промывочной жидкости

Для приготовления ПЖ применяют органический сапропель в виде крошки, который фасуется в мешки весом около 40 кг. Чем больше в жидкость затворения вводится щелочи и сапропеля, тем выше ее вязкость и ниже водоотдача. Рекомендуемое по опыту бурения Белорусской гидрогеологической экспедиции соотношение в ПЖ сапропель: каустическая сода по массе равно 15:1. Для забурки скважин применяют из расчета на стандартную глиномешалку объемом $0,75 \text{ м}^3$ гранулированного (сухого) NaOH – 13,3 кг, сапропеля – 200 кг (5 мешков), для бурения в устойчивых породах (суглинки и т.п.) количество NaOH – $6 \div 7$ кг, сапропеля – 100 кг. Гранулированный NaOH в условиях буровой отмеряют емкостью известного объема, в 1 дм^3 (1 л) находится около 1,1 кг гранулированного NaOH .

Практическая лабораторная задача: рассчитать количество NaOH и сапропеля для приготовления 1 л органогенной ПЖ и приготовить ПЖ в следующей последовательности

- 1) в сосуд объемом 1,5 л налить воды в объеме 0,2 л, засыпать расчетное количество NaOH и перемешать до полного растворения;
- 2) ввести в сосуд расчетное количество сапропеля и перемешать;
- 3) добавить в сосуд воду до объема 1 л с перемешиванием по окончании ввода воды не менее 0,5 часа. Выдержать ПЖ (на реакцию) в течение $0,5 \div 1$ часа;
- 4) измерить pH ПЖ и остальные технологические параметры (T , V , K , CHC , O).

Ж. Определение выхода глинистого раствора (ПЖ)

Параметр «выход ПЖ (ГР)» показывает, сколько по объему ПЖ нормального качества (обладающей нормальными технологическими параметрами) можно получить из единицы массы твердой фазы: глин, сапропеля и т.п. Обычно (например, из п. Е) следует, что выход органической (сапропелевой ПЖ) составляет: жидкой

$$\text{ПЖ: } \frac{0,75}{0,1} = 7,5 \text{ м}^3/\text{т} \text{ (при условии щелочной модификации сапропеля)}$$

ля); вязкой ПЖ: $\frac{0,75}{0,2} = 3,75$ м³/т. Для высококачественных бентонитовых глин выход ГР может превышать 10 ÷ 12 м³/т.

Практическая лабораторная задача: определить выход ГР из местной комовой глины с целью определения ее пригодности для целей бурения.

Проведение работы

1. Взять навеску глины не менее 0,5 кг и тщательно измельчить (если глина сухая). Заливать глину предварительно подщелоченной до рН = 8 водой объемами 0,1 ÷ 0,2 л с перемешиванием после каждого добавления воды не менее 15 ÷ 20 минут. Вести запись:

а) количества глины;

б) количества вводимой воды с содержащимся в ней расчетным количеством $NaOH$ (Na_2CO_3);

в) времени перемешивания и консистенции ГР после каждого ввода воды и перемешивания.

2. Ввод воды прекратить после достижения смесью (ГР) текучей консистенции. Замерить условную вязкость (T) и плотность (ρ) ГР. Дальнейшим вводом воды довести T до значений 25 ÷ 30 с. Выдержать ГР «на гидратацию» 1 ÷ 2 часа (повторный замер выполняется через сутки). Замерить конечный объем ГР и все технологические параметры.

Записать (рассчитать) выход ГР и количество щелочи на модификацию глины, особо указать параметры, подлежащие регулированию:

а) высокая водоотдача (> 20 см³/30 мин);

б) низкая стабильность ($> 0,05$ г/см³);

в) высокое содержание песка.

3. Вводом реагентов стабилизаторов добиться оптимизации технологических параметров до проектных требований (задается преподавателем или технологом исходя из типовых ГТН на бурение скважин).

Выход ПЖ является одним из базовых параметров для проектирования процесса бурения и затрат по статье «расход материалов на бурение», в данном случае – глиноматериалов.

Лабораторная работа № 10

УТЯЖЕЛЕНИЕ ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Утяжеление глинистого раствора с целью повышения его удельного веса производится путем добавки к раствору барита, гематита или другого утяжелителя.

Для проведения теста по утяжелению ПЖ необходимо взять ее пробу не менее одного литра.

Проведение работы

1. Определить потребное количество утяжелителя по формуле

$$g = \frac{v_p \cdot \gamma_{ум} \cdot (\gamma_k - \gamma_n)}{\gamma_{ум} - \gamma_k},$$

где v_p – объем глинистого раствора в литрах, который нужно утяжелить;

$\gamma_{ум}$ – удельный вес утяжелителя;

γ_n – удельный вес исходного глинистого раствора;

γ_k – удельный вес раствора, который желательнo получить после утяжеления.

Примечания.

а) Приближенные веса утяжелителей даны в табл. 6.

б). Точное определение удельного веса утяжелителя производится с помощью пикнометра Ле-Шателье или обычного пикнометра (см. лаб. работу № 3, В).

Таблица 6

Удельные веса утяжелителей

Наименование утяжелителя	Удельный вес в руде		Чистого	
	от	до	от	до
Барит	3,5	4,2	4,3	4,5
Гематит	4,3	4,6	5,19	5,23
Магнетитовые пески	3,6	4,5	4,9	5,2
Пиритовые огарки	3,6	3,8	4,5	5,0

2. Отвесить требуемое количество утяжелителя – 10 %.
3. Растереть утяжелитель в ступке и просеять его через сито.
4. Отвесить точно расчетное количество утяжелителя.
5. Добавить утяжелитель к отмеренному объему глинистого раствора и тщательно перемешать его с помощью лабораторной глиномешалки.
6. Перемешивание производить не менее 30 мин. При отсутствии лабораторной глиномешалки интенсивно перемешивать раствор вручную также не менее 30 мин.
7. После приготовления утяжеленного раствора определить основные его параметры и сопоставить с параметрами исходного раствора.

Примечание. Барит является оптимальным утяжелителем в связи с его относительно низкой абразивностью по сравнению с остальными видами утяжелителей.

А. Определение удельного веса утяжелителя с помощью пикнометра

В случае если удельный вес утяжелителя неизвестен, его проще всего определить с помощью пикнометра Ле-Шателье.

Пикнометр Ле-Шателье имеет на горлышке две риски – верхнюю и нижнюю. Объем расширения между ними равен 20 см^3 .

В случае если в лаборатории отсутствует пикнометр Ле-Шателье, объемный вес утяжелителя можно определить с помощью обычного пикнометра объемом 50 см^3 .

Определение удельного веса утяжелителя с помощью пикнометра Ле-Шателье

1. Отобрать среднюю пробу утяжелителя, растереть ее, просеять через сито и высушить ее в сушильном шкафу для получения постоянного веса при температуре 105°C .
2. Заполнить пикнометр Ле-Шателье керосином до нижней метки. Обтереть его снаружи насухо.
3. Определить вес пикнометра с керосином.
4. Отвесить 100 г высушенного утяжелителя.

5. Засыпать утяжелитель небольшими порциями в пикнометр с керосином, причем уровень последнего будет повышаться.

6. Прекратить засыпание утяжелителя в пикнометр как только уровень керосина в нем поднимется до верхней метки. В этот момент объем засыпанного утяжелителя составит 20 см^3 .

7. Определить вес засыпанного утяжелителя как разность его первоначального веса и веса оставшегося незасыпанным утяжелителя.

8. Определить удельный вес утяжелителя путем деления веса засыпанного в пикнометр утяжелителя в граммах на 20.

Определение удельного веса утяжелителя с помощью обычного пикнометра

1. Определить объем (v_1) и вес (P) пикнометра (работа № 3, В).

2. Отобрать среднюю пробу утяжелителя, растереть ее, просеять через сито и высушить ее в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 105°C .

3. Засыпать утяжелитель в пикнометр.

4. Определить вес пикнометра с утяжелителем (P_1) путем взвешивания.

5. Определить вес засыпанного в пикнометр утяжелителя (P_3) как разность $P_3 = P_1 - P$.

6. Налить в стеклянный стакан керосин с известным удельным весом (либо предварительно определить его удельный вес).

7. Постепенно заливать в пикнометр керосин, перемешивая утяжелитель провололочкой, с целью удаления воздуха, находящегося между его частицами.

Заполнить пикнометр доверху и закрыть его пробкой, причем излишек керосина вытечет через отверстие в пробке.

8. Вытереть пикнометр и снова определить его вес (P_2).

9. Определить вес керосина в пикнометре вычитанием $P_4 = P_2 - P_1$.

10. Определить объем керосина в пикнометре по формуле

$$v_2 = \frac{P_2 - P_1}{\gamma}.$$

11. Определить объем утяжелителя в пикнометре по формуле

$$v_3 = v_1 - v_2 = v_1 - \frac{P_2 - P_1}{Y}.$$

12. Определить удельный вес утяжелителя Y_1

$$Y_1 = \frac{P_3}{v_3} = \frac{P_1 - P}{v_1 - \frac{P_2 - P_1}{Y}}.$$

Б. Определение тонкости помола утяжелителя

Тонкость помола утяжелителя определяется путем просеивания его через сита и взвешивания остатков. Согласно методикам применявшимся еще в СССР остаток на сите с 4900 отверстиями на 1 см^2 должен быть не более 5 %. Остаток на сите с 10000 отверстиями на 1 см^2 – не менее 5 % и не более 10 %.

Порядок определения тонкости помола утяжелителя следующий.

1. Взять сито с 4900 отверстиями на 1 см^2 и установить его на сито с 10000 отверстиями на 1 см^2 .
2. Взять навеску утяжелителя 10 г, высушенного в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянного веса.
3. Поместить навеску утяжелителя на верхнее сито.
4. Произвести просеивание утяжелителя в течение одного часа.
5. Собрать и взвесить остатки утяжелителя на верхнем и нижнем ситах.
6. Определить № утяжелителя, не проходящего через сито указанной крупности, путем умножения веса соответствующего остатка в граммах на 10.

Например: из 10 г утяжелителя на верхнем сите осталось 0,2 г, на нижнем – 0,7 г. № 2/7.

Заключение

Кафедра «Горные работы» БНТУ располагает всем приведенным выше лабораторным оборудованием, в том числе являющимся спонсорской помощью ПО «Белоруснефть», для обучения студентов и, при необходимости, бурового персонала, навыкам по определению технологических параметров буровых промывочных жидкостей. Имеются также оригинальные разработки полевых лабораторных приборов отвечающих требованию импортозамещения, в частности буровая линейка-плотномер типа «Vabe». В сотрудничестве с предприятиями Минприроды (ГП БелНИГРИ) и в соответствии с действующими «Правилами проектирования, сооружения (строительства), ликвидации и консервации буровых скважин различного назначения (за исключением нефтяных и газовых)» ТКП 17.04-21–2010 (02120) кафедра может выполнять силами сотрудников кафедры и студентов старших курсов имеющих квалификационные удостоверения не ниже 4 разряда, договорные работы и услуги по подбору материалов и реагентов, оценке вновь предлагаемых материалов и реагентов в области бурения (строительства) скважин и их испытаниям в производственных условиях.

Источники информации

1. Винниченко, В. М. Технология бурения геологоразведочных скважин: Справочник бурильщика / В. М. Винниченко, Н. М. Максименко. – М. : Недра, 1988. – 149 с.

2. Оборудование для анализа тампонажных цементов и буровых растворов : каталог «Аналитические приборы, лабораторное оборудование». – Изд. 4-е / ЗАО «Эпак-сервис». Официальный представитель компании OFI Testing Equipment (США, штат Техас) на территории СНГ. – Омск, 2010.

3. Техническое описание и инструкции по эксплуатации приборов из комплекта полевой лаборатории глинистых растворов типа ЛГР-3.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Функции промывочных жидкостей.....	3
2. Основные виды промывочных жидкостей.....	4
3. Технологические параметры буровых промывочных жидкостей.....	13
4. Измерение технологических параметров ПЖ	16
Лабораторная работа № 1 Приготовление глинистой буровой промывочной жидкости (глинистого раствора)	35
Лабораторная работа № 2 Определение условной вязкости глинистого раствора.....	38
Лабораторная работа № 3 Определение удельного веса (плотности) глинистого раствора.....	40
Лабораторная работа № 4. Определение стабильности и отстоя глинистого раствора	48
Лабораторная работа № 5 Определение статического напряжения сдвига.....	51
Лабораторная работа № 6 Определение структурной вязкости и динамического напряжения сдвига при помощи прибора с соосными цилиндрами	54
Лабораторная работа № 7 Определение водоотдачи глинистого раствора	56
Лабораторная работа № 8 Определение процентного содержания песка в глинистом растворе	60
Лабораторная работа № 9 Химическая обработка глинистого раствора.....	61
Лабораторная работа № 10 Утяжеление глинистого раствора	68
Заключение.....	72
Источники информации.....	73

Учебное издание

БАБЕЦ Михаил Анатольевич
САНОЦКАЯ Татьяна Игоревна

БУРОВЫЕ ПРОМЫВочНЫЕ ЖИДКОСТИ

Методическое пособие
для студентов специальности
1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых»
специализации 1-51 02 01-04 «Буровые работы»

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 09.11.2012. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,36. Уч.-изд. л. 3,41. Тираж 100. Заказ 418.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.