

Л.В. ЕРМОЛАЕВА

ПРОМЫВОЧНЫЕ РАСТВОРЫ В БУРЕНИИ

Учебное пособие

Самара
Самарский государственный технический университет
2020



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»

Л.В. ЕРМОЛАЕВА

ПРОМЫВочНЫЕ РАСТВОРЫ В БУРЕНИИ

Учебное пособие

Самара
Самарский государственный технический университет
2020

Печатается по решению методического совета НТФ СамГТУ (протокол № 2 от 16.09.2020 г.).

УДК 622.24.06(075.8)

ББК 33.131я73

Е 741

Ермолаева Л.В.

Промывочные растворы в бурении: учеб. пособие / *Л.В. Ермолаева.* – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. – 51 с.

Приведены основные сведения о промывочных растворах как вида дисперсной системы. Рассмотрены вопросы влияния буровых растворов на промывку в процессе бурения горизонтальных скважин и при бурении многолетнемерзлых горных пород.

Материал предназначен для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 21.03.01, профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин»,

Рецензент: канд. техн. наук, доцент *О.А. Нечаева*

УДК 622.24.06(075.8)

ББК 33.131я73

Е 741

© Л.В. Ермолаева, 2020

© Самарский государственный
технический университет, 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель учебного пособия – рассмотрение вопросов, касающихся буровых промывочных растворов, которые используются в процессе бурения нефтяных и газовых скважин. Обучающимся по профилю «Бурение нефтяных и газовых скважин» необходимо изучить функции, свойства, особенности промывочных жидкостей в различных геолого-технологических условиях. Изучаемые вопросы по буровым промывочным жидкостям в дальнейшем могут использоваться при выполнении выпускной квалификационной работы.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость быстреего развития экономики нашей страны ставит перед работниками нефтяной и газовой промышленности задачу – повысить эффективность и улучшить качество бурения скважин. Эта задача включает в себя как увеличение скоростных показателей бурения, так и повышение качества буровых работ. Значительные резервы заключаются в совершенствовании конструкции скважин, улучшении качества промывочных жидкостей, качества вскрытия продуктивных пластов, ускорении опробования и испытания пластов. Получение притока нефти или газа из пласта в большой степени зависит от технологии бурения, состава и свойств промывочной жидкости, длительности воздействия её на продуктивный пласт, а также от качества работ по разобщению продуктивного пласта и других проницаемых горизонтов.

Развитие технологии глубокого горизонтального бурения неразрывно связано с совершенствованием буровых промывочных растворов. От качества и соответствия промывочной жидкости геолого-техническим условиям зависят скорость бурения, предотвращение осложнений и аварий, связанных с прихватами и устойчивостью стволов скважин, износостойкость бурового оборудования и буриль-

ного инструмента, качественное цементирование и, в итоге, стоимость строительства скважин, а также их долговечность.

Наряду с применением высококачественных материалов для буровых растворов важную роль играют технология их приготовления и управление свойствами в процессе бурения. Главное требование к промывочной жидкости – это соблюдение её параметров, что особенно важно при бурении наклонно направленных и горизонтальных скважин.

1. ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ КАК ВИД ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Буровые промывочные растворы представляют собой физико-химические системы, состоящие из одной или нескольких фаз. Приготавливают промывочные жидкости путем диспергирования различных твердых, газообразных и жидких веществ в воде или углеводородной жидкости (нефти, дизельном топливе). Диспергированием называется измельчение твёрдых и жидких веществ в определенной среде, в результате чего повышается степень дисперсности системы. В состав дисперсной системы входят диспергированное вещество – дисперсная фаза и непрерывная фаза – дисперсионная среда.

Дисперсная фаза буровых растворов на водной основе может состоять из частиц глины, утяжелителя, выбуренной горой породы. Дисперсная фаза промывочных жидкостей на углеводородной основе может содержать частицы глины, утяжелителя, выбуренной горной породы и воды.

Дисперсионной средой промывочных жидкостей на водной основе является вода пресная или минерализованная. В буровых растворах на углеводородной основе дисперсионной средой является нефть или дизельное топливо.

В зависимости от размера частиц дисперсной фазы различают: истинные растворы, коллоидные растворы, суспензии, эмульсии.

Истинные растворы представляют собой однофазные системы, состоящие из растворителя и растворенного вещества, между которыми отсутствуют границы. Растворителем является среда, в которой равномерно распределены растворенные вещества.

Процесс растворения не представляет собой простого распределения молекул или ионов одного вещества среди молекул или ионов другого, а связан с взаимодействием между ними, имеющими физический и химический характер.

В бурении нефтяных и газовых скважин истинные растворы применяются для обработки промывочных жидкостей (растворы щелочей, солей) или в качестве самостоятельной промывочной среды (при бурении в зонах многолетнемерзлых горных пород).

Коллоидные растворы – это растворы, состоящие из двух и большого числа фаз. Твердые частицы коллоидных систем диспергированы до размеров, которые невозможно рассмотреть в обычный микроскоп, хотя они значительно превышают размеры молекул истинных растворов. Отдельные частицы коллоидных растворов являются не молекулами, а агрегатами, состоящими из множества молекул. Коллоидные частицы имеют размеры от 1 до 100 мкм. В коллоидных растворах существует поверхность раздела между фазами, то есть между твёрдыми частицами и жидкостью.

Суспензии представляют собой жидкости с находящимися в них твердыми частицами во взвешенном состоянии. Суспензии характеризуются неустойчивостью компонентов во времени. Частицы суспензии различимы в обычный микроскоп. При прекращении движения твердые частицы под действием силы тяжести оседают (седиментируют) в растворе, происходит расслоение системы. В буровых растворах присутствуют частицы с размерами 100 мкм, относящиеся к суспензиям, но находится до 10 % частиц с размерами меньше 100 мкм, то есть частиц коллоидного размера.

Эмульсии являются многофазными жидкими системами, которые представлены несмешивающимися жидкостями (водой и жидкими углеводородами). Эмульсии являются неустойчивыми системами и могут существовать только при наличии поверхностно-активных веществ – эмульгаторов. Разрушение эмульсии происходит в результате укрупнения частиц дисперсной фазы при слиянии между собой.

Промывочные жидкости содержат диспергированные частицы от молекулярно-дисперсных до грубодисперсных, а также крупные куски выбуренной или обваливающейся горной породы. Требованиям,

предъявляемым к буровым промывочным растворам, из всех дисперсных систем наиболее полно отвечают коллоидные системы. Физико-химические свойства коллоидных растворов обусловлены развитой поверхностью их раздела на границе «твердая (дисперсная) фаза – дисперсионная среда» [1, 2].

Буровые промывочные жидкости используются в разнообразных гидрогеологических условиях. В процессе бурения скважин на физико-химические свойства буровых растворов оказывают влияние следующие факторы: увеличение концентрации твердой фазы за счёт частиц разбуриваемых горных пород, переходящих в раствор; поступление пластовых флюидов в раствор; воздействие температуры, давления; режим течения и др. Точно описать или исследовать изменение качества промывочной жидкости в скважине невозможно, так как свойства раствора изменяются даже в течение одного цикла циркуляции. Влияние указанных факторов приводит к ухудшению качества промывочной жидкости [3, 4].

Промывочная жидкость должна иметь определенные свойства для каждого интервала бурения скважины. Выбор вида промывочной жидкости и её свойств зависит от гидрогеологических условий разреза скважины и технических возможностей строительства скважины. Необходимо учитывать минералогический состав разбуриваемых горных пород, наличие пластовых флюидов и их состав, чтобы исключить возможность возникновения осложнений.

Для бурения карбонатных горных пород – плотных известняков и доломитов, сцементированных песчаников, в которых отсутствуют пластовые флюиды, то есть устойчивых пород, где не требуется создавать противодействие на пласты, можно использовать техническую воду, аэрированную промывочную жидкость, пенные системы, газообразные агенты.

При разбуривании глинистых отложений требуется учитывать характеристику глинистых пород: пористость, минерализацию поро-

вой воды, обменную емкость глинистых минералов, степень уплотнения. Степень уплотнения – это отношение фактической плотности к плотности нормально уплотнённой глины на данной глубине. Для бурения глинистых пород требуется промывочная жидкость, которая способна предотвратить набухание, пептизацию выбуренной глины и переход глинистых частиц в буровой раствор. Кроме этого, промывочная жидкость должна быть такой, чтобы не допускать осыпей и обвалов неустойчивых аргиллитовых отложений и вспучивания глинистых сланцев.

Для бурения соленосных отложений требуется применение буровых растворов на минерализованной дисперсионной среде. Вид и состав промывочной жидкости выбирается в соответствии с минералогическим составом соленосных пород. Минеральный состав дисперсионной среды бурового раствора должен соответствовать составу соленосных отложений, а соленасыщенность раствора приближена к предельной, при этом растворимость солей на стенках скважины будет минимальной. Для уменьшения растворения соленосных пород на стенках скважины целесообразно поддерживать ламинарный режим течения потока бурового раствора в затрубном пространстве. Растворимость солевых отложений с глубиной залегания увеличивается и снижается их прочность, так как повышаются температура и давление. В результате может возникнуть сложность применения минерализованных промывочных жидкостей. Плотность бурового раствора должна быть такой, чтобы противодействовать боковому горному давлению. Водоотдача должна быть минимальной для конкретных условий бурения [4].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется диспергированием?
2. Что является дисперсной фазой и дисперсионной средой в промывочных жидкостях на водной основе?

3. Что является дисперсной фазой и дисперсионной средой в буровых растворах на углеводородной основе?
4. На какие виды делятся растворы в зависимости от размера частиц дисперсной фазы?
5. Что представляют собой коллоидные растворы?
6. Какие факторы влияют на ухудшение качества промывочной жидкости в процессе бурения?
7. От чего зависит выбор вида промывочной жидкости?
8. Какие виды буровых растворов можно использовать в плотных карбонатных породах?
9. Какие требования предъявляются к промывочной жидкости при разбуhrивании глинистых отложений?
10. Какие характеристики глинистых пород необходимо учитывать при их разбуhrивании?
11. Какие требования предъявляются к буровым растворам при бурении соленосных отложений?
12. При каких условиях могут возникать сложности использования минерализованных промывочных жидкостей?

2. БУРОВЫЕ ПРОМЫВОЧНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Осложнения, возникающие при бурении горизонтальных скважин, в разной степени связаны с используемой промывочной жидкостью. Вследствие несоответствия бурового раствора условиям бурения могут возникать следующие проблемы: нарушение устойчивости стенок скважины, плохая очистка ствола скважины, зашламление ствола частицами выбуренной горной породы, прихваты бурильного инструмента, поглощение промывочной жидкости, кольматация пристволевой зоны, избыточный крутящий момент, сопротивление расхаживанию бурильной колонны и невозможность передачи необходимой нагрузки на долото, плохое качество цементирования.

В скважине с большим углом отклонения от вертикали серьезную проблему представляет вынос шлама, поэтому требуется промывочная жидкость с необходимыми реологическими свойствами. Когда для выноса шлама и поддержания его во взвешенном состоянии требуется турбулентный режим течения, промывочная жидкость должна иметь низкую вязкость. Для поддержания ламинарного режима течения промывочная жидкость должна иметь высокую вязкость при низкой скорости сдвига.

Бурение при неполном выносе шлама приводит к образованию шламовых подушек. При подъеме бурильной колонны этот шлам перемещается вместе с более широкой частью компоновки низа бурильной колонны, в результате чего происходит закупоривание кольцевого пространства, сопровождающееся затяжками бурильного инструмента, и может произойти прихват с потерей циркуляции промывочной жидкости.

Скопление шлама в скважине приводит к увеличению крутящего момента и трения бурильной колонны, это вызывает «подвисание» бурильной колонны и снижение осевой нагрузки на долото. Использование промывочного раствора с недостаточными ингибирующими свойствами способствует гидратации и набуханию глинистых отло-

жений при взаимодействии с дисперсионной средой бурового промывочного раствора.

Диспергирование шлама и переход в буровой раствор твердой коллоидной фазы отрицательно действует на проницаемость призабойной зоны продуктивного пласта. Шламовые подушки приводят к посадкам бурильного инструмента при спуске и необходимости дополнительной проработки ствола скважины. Увеличение угла наклона ствола скважины приводит к радиальному оседанию частиц шлама, что снижает эффективность выноса шлама потоком промывочного раствора и способствует накоплению шлама на нижней стенке скважины [5].

Для успешного процесса бурения скважины важно, чтобы раствор обладал седиментационной устойчивостью, то есть сохранял способность удерживать частицы выбуренной горной породы во взвешенном состоянии и выносить их на дневную поверхность. При несоблюдении этого свойства возникают осложнения, а скопление выбуренных частиц горной породы в скважине приводит к увеличению трения и уменьшению возможности передачи нагрузки на долото. В результате снижается механическая скорость бурения и повышаются затраты.

При бурении сильно искривленных скважин с увеличением угла наклона ствола допустимое изменение плотности промывочной жидкости уменьшается. Плотность бурового раствора необходимо поддерживать в определённом узком диапазоне, чтобы сохранить устойчивость стенок скважины. Плотность промывочной жидкости должна быть достаточно высокой, чтобы создавать противодействие напластовое давление и сохранять устойчивость стенок скважины, и одновременно достаточно низкой, чтобы предотвратить гидроразрыв пласта.

С увеличением глубины и угла наклона скважины возрастает вероятность осыпей и обвалов ее стенок, а градиенты гидроразрыва пласта уменьшаются с увеличением угла наклона.

Сложность решения этих проблем заключается в том, что не рекомендуется применять диспергаторы или дефлокулянты, так как

они способствуют увеличению содержания твердой фазы в растворе, снижению способности промывочной жидкости удерживать твердые частицы выбуренной горной породы во взвешенном состоянии и выносить их на дневную поверхность. Некоторые химические реагенты, применяемые для снижения водоотдачи, могут вызывать загрязнение продуктивного пласта. Для горизонтальных скважин градиент гидроразрыва пласта приближается к градиенту порового давления. Многие глинистые сланцы, сохраняющие устойчивость в вертикальном стволе скважины, при углах отклонения от вертикали 70° осыпаются.

При бурении горизонтальных скважин существенное значение имеют состав промывочной жидкости, её качество, удерживающая способность бурового раствора, эффективная транспортировка шлама, так как в горизонтальных скважинах сложности возникают при очистке горизонтального ствола от частиц выбуренной горной породы, а также имеют место более высокие силы трения, возникающие при движении бурильной колонны. Кроме этого, в горизонтальных скважинах повышается вероятность поглощения промывочной жидкости, так как градиент гидроразрыва горных пород ниже, чем для вертикальных, и приближается к градиенту пластового давления; в горизонтальных скважинах сложнее сохранять устойчивость стенок ствола скважины.

Эффективность очистки ствола скважины зависит от ее профиля и геометрической характеристики кольцевого пространства. На эксцентричность колонны бурильных труб в скважине влияет угол наклона ствола и геометрия затрубного пространства. Улучшение удерживающей способности промывочной жидкости снижает осаждение шлама. Повышение седиментационной устойчивости бурового раствора происходит при увеличении прочности структуры, вязкости, при низких скоростях сдвига и увеличении плотности раствора. Частицы шлама оседают в интервалах уменьшения скорости течения потока и при углах наклона меньше 50° могут скользить по стенке скважины и закупоривать затрубное пространство. Увеличение ско-

рости течения бурового раствора улучшает транспортировку шлама независимо от режима течения потока.

При турбулентном режиме течения промывочной жидкости в кольцевом пространстве большинство частиц выбуренной горной породы поднимается на дневную поверхность потоком раствора. При ламинарном режиме течения потока бурового раствора в затрубном пространстве частицы шлама могут оседать на нижней стенке скважины и образовывать шламовую подушку.

Турбулентный режим предпочтительнее поддерживать в устойчивых твердых уплотненных горных породах, где не происходит значительного размыва стенок скважины. При ламинарном режиме течения промывочной жидкости в кольцевом пространстве достаточная очистка ствола скважины может быть достигнута, когда правильно подобраны все реологические свойства промывочной жидкости. Высокая величина вязкости при низких скоростях сдвига способствует хорошей выносящей способности бурового раствора, что предотвращает оседание шлама. Кроме этого, при ламинарном режиме качество очистки ствола скважины зависит от величины динамического напряжения сдвига.

Турбулентный режим течения предпочтителен при углах наклона ствола скважины, близких к горизонтальным (больше 60°). При этом режиме и большом угле наклона ствола реологические свойства раствора оказывают незначительное влияние на вынос шлама на поверхность. Ламинарный режим течения бурового раствора в кольцевом пространстве предпочтительнее при углах наклона ствола скважины до 45° .

При разбурировании глинистых сланцев в интервале набора кривизны горизонтальной скважиной в результате набухания сланцев, образования желобов затрудняется вынос шлама и возможно возникновение прихвата бурильной колонны. Для поддержания устойчивого состояния стенок скважины и уменьшения вероятности возникновения прихвата иногда требуется увеличить плотность бурового раствора, что приведет к повышению дифференциального давления.

Промывочная жидкость должна иметь ингибирующие свойства, низкую величину водоотдачи в забойных условиях и тонкую глинистую корку, хорошие смазочные свойства. Введение смазочных добавок уменьшает коэффициент трения между фильтрационной коркой и буровой колонной.

Особенно важна высокая очистка промывочной жидкости от частиц выбуренной горной породы при вскрытии продуктивных пластов горизонтальных скважин. Для этой цели требуется применение многоступенчатых систем очистки. При бурении буровыми растворами с плотностью до 1400–1600 кг/м³ (малоутяжеленными) для очистки от частиц выбуренной горной породы требуется использовать вибросита, сито – гидроциклонный сепаратор и центрифугу. При использовании утяжеленной промывочной жидкости с более высокой плотностью для очистки необходимо использовать вибросита и центрифугу. Центрифуга используется в режиме регенерации утяжелителя и удаления из раствора тонкодисперсной фракции выбуренной горной породы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие осложнения могут возникать при несоответствии промывочной жидкости условиям бурения горизонтальных скважин?
2. С какой целью необходимо поддерживать плотность бурового раствора в узком диапазоне при бурении сильно искривленных скважин?
3. От чего зависит эффективная очистка ствола горизонтальных скважин?
4. При бурении каких горных пород предпочтительнее поддерживать турбулентный режим течения промывочной жидкости в кольцевом пространстве горизонтальных скважин?
5. Какие свойства бурового раствора влияют на очистку ствола горизонтальных скважин при ламинарном режиме течения в затрубном пространстве?
6. При каких углах наклона ствола скважины предпочтительнее турбулентный режим течения в кольцевом пространстве?
7. При каких углах наклона ствола скважины предпочтительнее ламинарный режим течения в кольцевом пространстве?

3. ВЫБОР ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Продуктивные пласты в горизонтальных скважинах более чувствительны к загрязнению, чем в вертикальных. В большинстве горизонтальных скважин ствол в зоне продуктивного пласта не цементируется, а заканчивается открытым стволом или фильтром. Поэтому в продуктивный пласт могут проникать частицы дисперсной (твердой) фазы промывочной жидкости и тонкодисперсные фракции выбуренной горной породы, а также фильтрат промывочной жидкости, что является причиной ухудшения коллекторских свойств продуктивного пласта и снижения продуктивности скважины.

Из-за большой протяженности ствола в интервале продуктивного пласта с трудом достигается равномерная депрессия и она может быть недостаточной, чтобы очистить загрязненный пласт. Кроме этого, в горизонтальном стволе время воздействия промывочной жидкости на продуктивный пласт более продолжительное. В случае сильного загрязнения продуктивного пласта промывочной жидкостью эксплуатация может быть неэкономичной.

Использование незагрязняющих промывочных жидкостей для вскрытия горизонтальных интервалов продуктивных пластов является важным для успешного бурения горизонтальных скважин. При заканчивании горизонтальных скважин большое значение имеет соответствие состава и свойств бурового раствора геолого-физическим условиям продуктивного пласта и состоянию призабойной зоны пласта. При проникновении промывочной жидкости в продуктивный пласт происходит коагуляция поровых каналов твердыми частицами дисперсной фазы раствора.

Под действием фильтрата многие глинистые минералы в продуктивном пласте гидратируются, набухают и увеличиваются в объеме, что приводит к уменьшению сечения поровых каналов, закрытию некоторых из них и уменьшению проницаемости коллектора. Водный

фильтрат бурового раствора увлажняет породу в порах продуктивного пласта. Некоторые химические реагенты, содержащиеся в фильтрате, способствуют увеличению гидрофильности породы и образованию гидратных оболочек в поровых каналах. В результате увеличения толщины гидратных оболочек уменьшается эффективное сечение поровых каналов и происходит уменьшение фазовой проницаемости для нефти и газа.

В призабойной зоне продуктивного пласта вследствие проникновения фильтрата промывочной жидкости образуется водонефтяная эмульсия, то есть смесь водного фильтрата и нефти. При этом возрастают гидравлические сопротивления фильтрации нефти к скважине и фазовая нефтепроницаемость уменьшается.

При взаимодействии некоторых химических реагентов и добавок, содержащихся в фильтрате бурового раствора, с пластовыми флюидами могут образовываться нерастворимые осадки солей, асфальтено-смолистых веществ, парафина, которые приводят к сужению эффективного сечения поровых каналов, и часть пор может быть закрыта [6].

Промывочные жидкости для вскрытия продуктивных пластов в горизонтальных скважинах должны удовлетворять следующим критериям: сохранять устойчивость стенок ствола скважины в течение длительного времени, иметь высокую удерживающую способность частиц выбуренной горной породы и обеспечить качественную очистку ствола скважины, сохранять естественные коллекторские свойства продуктивного пласта, то есть не снижать проницаемость пластов и не загрязнять их. Кроме этого, буровой раствор должен обладать высокими смазочными свойствами для снижения сил трения и предупреждения прихватов, а также легко очищаться в очистных устройствах на поверхности.

Применяемые буровые растворы для промывки горизонтальных скважин можно разделить на следующие группы:

– глинистые растворы на водной основе, обработанные химическими реагентами, поверхностно-активными веществами, добавками минеральных солей;

- промывочные жидкости без твердой фазы;
- буровые растворы на углеводородной основе и растворы на синтетической углеводородной основе;
- реологически сконструированные буровые растворы, то есть биополимер-карбонатные и биополимер-солевые растворы, гидрогели полимеров полисахаридной природы, обладающие вязкопластичными реологическими свойствами.

Стандартные глинистые растворы во многих случаях при вскрытии продуктивных пластов горизонтальных скважин сложно применять из-за таких недостатков, как избыток коллоидных частиц, кольматация пласта мелкой фракцией дисперсной фазы, сложность регулирования реологических свойств раствора. Необходимо изучение геолого-технических условий конкретного месторождения и даже отдельной скважины.

Традиционные буровые растворы на углеводородной основе при большом угле искривления ствола не всегда могут обеспечить качественную очистку скважины, что связано с их реологическими свойствами. При высоких температурах происходит разжижение этих растворов, и они характеризуются низкой тиксотропностью. Кроме этого, к растворам на углеводородной основе предъявляются жесткие требования с точки зрения экологии.

Буровые растворы на синтетической углеводородной основе, обладая свойствами растворов на природной углеводородной основе, имеют преимущества в том, что они биоразлагаемые. Углеводородной фазой в таких растворах являются синтетические продукты, которые получают из растительного сырья или синтетических углеводородов.

Получить промывочные жидкости, отвечающие требованиям для бурения продуктивных пластов горизонтальных скважин, можно при использовании полимерных материалов, таких как биополимеры, полианионная целлюлоза, карбоксиметилированные и оксипропилированные крахмалы.

Полисахаридные реагенты совместно с биополимерными способны создавать водные полимерные растворы без твердой фазы. Промывоч-

ные жидкости на такой основе по вязкости не отличаются от вязкости воды при высоких скоростях сдвига, то есть при истечении из насадок долота. При низких скоростях сдвига, то есть при движении в заколонном пространстве, происходит загущение раствора. Такие свойства бурового раствора обеспечивают хорошие условия для разрушения горной породы долотом и вынос шлама на поверхность [1].

Промывочные жидкости на основе биополимеров имеют высокие смазывающие свойства. В такие растворы не требуется вводить смазочные добавки. Биополимер в буровом растворе обеспечивает образование поперечных связей между макромолекулами и повышение вязкости. В результате молекулярного взаимодействия в растворе образуется гелевая структура, которая способствует нахождению твердой фазы во взвешенном состоянии и выносу шлама на поверхность.

Вопросы для самопроверки

1. Какие факторы ухудшают коллекторские свойства горизонтальных интервалов продуктивных пластов?
2. Какие существуют особенности вскрытия продуктивных пластов горизонтальных скважин?
3. Какие требования предъявляются к промывочным жидкостям при вскрытии продуктивных пластов горизонтальных скважин?
4. На какие группы делятся буровые растворы для промывки горизонтальных скважин?
5. Какие используются биополимеры для промывочных жидкостей при бурении продуктивных пластов горизонтальных скважин?

4. ТИПЫ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

При бурении горизонтальных скважин главной задачей является применение буровых растворов, не загрязняющих продуктивный пласт и обеспечивающих эффективную очистку ствола на всех интервалах профиля горизонтальной скважины. В лаборатории буровых растворов НПО «Бурение» были разработаны промывочные растворы для бурения горизонтальных скважин [8].

Промывочной жидкостью, которая не загрязняет продуктивные пласты и сохраняет естественную природную нефтепроницаемость, является Ринполис. Жидкость представляет собой водный раствор полимерного состава полисахаридной природы, в который входят поверхностно-активное вещество ПКД-515 комплексного действия, минеральные соли и комплексоны.

Наиболее эффективен данный буровой раствор для бурения горизонтальных скважин в горных породах с высоким содержанием глин, в крепких устойчивых карбонатно-глинистых отложениях при температуре до 140 °С. Все компоненты, входящие в состав Ринполис, являются водо- или кислоторастворимыми. Система Ринполис имеет высокие смазочные свойства, особые реологические свойства, что обеспечивает эффективную очистку ствола скважины и исключение прихватов бурильного инструмента.

Применение промывочной жидкости Ринполис обеспечивает сохранение устойчивости ствола скважины, уменьшение крутящего момента и трения, повышение скорости бурения, повышение нефтеотдачи продуктивного пласта, сохранение экологической среды.

Промывочная жидкость на основе гидрогелей полимеров без твердой фазы – Рагипол. Этот раствор представляет собой водный раствор оксиэтилцеллюлозы, превращенный солями металлов (КСl, CaCl₂) в гидрогель.

Рагипол обладает ингибирующими недиспергирующими свойствами, сильными флокулирующими свойствами, низкой водоотдачей,

особыми реологическими свойствами, то есть низкой вязкостью, близкой к вязкости воды, при высоких скоростях сдвига (в зоне насадок долота) и высокой вязкостью при низких скоростях сдвига в кольцевом пространстве.

Такие свойства системы Рагипол обеспечивают сочетание преимуществ бурения на воде, то есть высокие скорости бурения и проходки на долото, и бурения с применением бурового раствора, то есть обеспечивают хорошую очистку ствола и устойчивость стенок скважины. Данный раствор сохраняет устойчивость к действию электролитов. Если требуется повысить плотность системы Рагипол, ее можно утяжелять солями или баритом. Снижение плотности раствора можно осуществлять введением углеводородной жидкости.

Рагипол сохраняет устойчивость при температуре до 120 °С, а при введении специальных добавок – до 140 °С. Система Рагипол обеспечивает высокое качество вскрытия продуктивных пластов, особенно при введении в её состав поверхностно-активного вещества комплексного действия ПКД-515, полностью растворяется в 12%-ной соляной кислоте. Благодаря применению системы Рагипол достигается увеличение проходки на долото на 50 % и рост механической скорости бурения.

Безглинистый буровой раствор на основе отечественных полисахаридных реагентов и комплексообразователя – Реогель. Данный раствор обладает вязкоупругими свойствами, что обеспечивает хорошую удерживающую и выносную способность частиц выбуренной горной породы на поверхность.

Система Реогель имеет низкую водоотдачу, что определяет минимальное проникновение фильтрата в продуктивный пласт. Буровой раствор характеризуется незначительной смачиваемостью выбуренной породы и предотвращает диспергирование частиц шлама. Реогель не образует в проницаемых пластах фильтрационной корки. В состав раствора может входить полианионная целлюлоза, оксиэтилцеллюлоза, карбоксиметилоксиэтилцеллюлоза, карбоксиметилированный крахмал. Антиоксидант, который входит в состав раствора, предотвращает ферментативное разложение полисахаридов.

Реогель обеспечивает полное осаждение шлама при низкой скорости течения в желобах, приемных емкостях, отстойниках. Способность сохранять естественные коллекторские свойства продуктивного пласта у него несколько ниже, чем у биополимерных растворов, но стоимость его значительно меньше за счет применения только отечественных химических реагентов [7].

Полимер-эмульсионный раствор Эмульгель, в состав которого входят полисахаридные реагенты для регулирования реологических и фильтрационных свойств, ингибиторы набухания и диспергирования глин, эмульгатор, углеводородная среда, при необходимости вводится кольматант кислоторастворимый. Эмульгель обладает усиленными ингибирующими свойствами, необходимыми для сохранения устойчивости ствола скважины и качественной очистки забоя при больших зенитных углах. Благодаря своим физико-химическим и технологическим свойствам полимер-эмульсионный раствор Эмульгель может использоваться для вскрытия продуктивного пласта горизонтального участка скважины. Раствор экологически и пожаробезопасен [7].

Биополимерный хлоркалийевый облегченный буровой раствор, в основной состав которого входят биополимер Сабохан (ХВ-полимер), низковязкая и высоковязкая полианионная целлюлоза (ПАЦ-Н и ПАЦ-В), карбоксиметилированный крахмал (КМК-БУР), хлористый калий, карбонатный утяжелитель, гидрофобизатор ГФ-1, облегчающая добавка – алюмосиликатные микросферы АСМ марки МС – 400.

Полианионная целлюлоза применяется для регулирования водоотдачи. Карбоксиметилированный крахмал придает раствору оптимальные структурно-реологические свойства и регулирует водоотдачу, подвержен биоразложению. Хлористый калий является ингибитором сланцев и глинистых пород. Применяется для повышения устойчивости ствола в глинистых отложениях. Снижает удельное электрическое сопротивление раствора. В качестве карбонатного утяжелителя применяется мел, мраморная крошка. Гидрофобизатор используется для снижения способности смачивания водой твердых поверхно-

стей. Аллюмосиликатные микросферы используются как облегчающая добавка плотностью 400–800 кг/м³.

В зависимости от геолого-технических условий и требуемых свойств в промывочный раствор могут быть дополнительно введены следующие реагенты: каустическая сода для регулирования щелочности раствора, смазочные добавки – для уменьшения коэффициента трения, с целью предупреждения прихватов, уменьшения крутящего момента и увеличения мощности, передаваемой на долото, пеногаситель для снижения пенообразования при приготовлении раствора и при бурении, бактерицид для предотвращения бактериального разложения. Биополимер Сабохан – ксантановая смола является загущающим и стабилизирующим агентом, а также структурообразователем. Обладает псевдопластичными свойствами, подвержен биоразложению.

Облегчённый биополимерный хлоркалийевый буровой раствор предназначен для бурения и вскрытия продуктивных пластов с низким пластовым давлением в скважинах с горизонтальным окончанием ствола. Отработанный в скважине раствор можно использовать повторно после соответствующей обработки. Облегчённый биополимерный раствор и его компоненты не образуют токсичные соединения в воздушной среде и сточных водах.

При большой протяженности горизонтального ствола и большом угле отклонения осложняется вынос шлама и обеспечение устойчивости ствола скважины. В таких скважинах требуется использование буровых растворов на неводной основе.

Промывочные жидкости на синтетической нефтяной основе обладают всеми преимуществами раствора на углеводородной основе, но не загрязняют окружающую среду. Буровой раствор на синтетической нефтяной основе представляет собой эмульсионную систему. Дисперсионной средой в этом растворе является синтетическая биоразлагаемая углеводородная жидкость класса сложных эфирных и растительных масел, животных жиров. Дисперсной фазой является эмульгированная вода с заданной степенью минерализации, стабилизированная эмульгаторами, и твёрдый структурообразователь (органогфильный бентонит).

Раствор на синтетической нефтяной основе имеет высокие смазочные свойства, способствует сохранению устойчивости горных пород ствола скважины и сохранению естественных коллекторских свойств продуктивного пласта. Термостойкость раствора не менее 140 °С. При необходимости увеличения плотности раствор утяжеляют традиционными утяжелителями с вводом гидрофобизатора.

Данный раствор обладает минимальной токсичностью, биоразлагаем, что позволяет использовать его в районах с повышенными требованиями к экологии, в том числе при бурении на море. Раствор на синтетической нефтяной основе – это раствор многоразового использования.

В зарубежной практике бурения горизонтальных скважин используются полимерные растворы на основе полисахаридов с высокими ингибирующими свойствами и водо- или кислотнорастворимой твердой фазой.

Для бурения горизонтальных скважин с большим углом наклона ствола используется промывочная жидкость Фло-Про [8].

Система Фло-Про – это специализированная безглинистая промывочная жидкость на основе высокоочищенного биополимера. Система Фло-Про обладает уникальными удерживающими и выносящими способностями, хорошими смазывающими свойствами, полностью биоразлагается, экологически безопасна, максимально защищает призабойную зону продуктивного пласта. Данный раствор хорошо зарекомендовал себя при бурении горизонтальных скважин в слабоцементированных пластах.

Система Фло-Про на полимерной основе имеет высокую вязкость при низкой скорости сдвига. Это качество данного раствора обеспечивает хорошее удержание выбуренного шлама во взвешенном состоянии в горизонтальных и сильно искривленных скважинах, а также снижает эрозию стенок ствола скважины. Благодаря повышенной вязкости при низких скоростях сдвига достигается минимизация проникновения фильтрата и бурового раствора в продуктивный пласт.

Буровой промывочный раствор Фло-Про состоит из следующих компонентов. Основными компонентами (основа – минерализован-

ный раствор соли – хлориды натрия, калия или кальция) являются структурообразователи: Фло-Виз; понизители водоотдачи: Фло-Трол, Дуал-Фло, кольматант – карбонат кальция, регулятор щелочности – каустическая сода, бактерицид-икбак. Кроме основных компонентов в состав системы Фло-Про могут входить вспомогательные компоненты: ингибиторы гидратации, ингибиторы коррозии, смазывающие добавки, разрушители фильтрационной корки.

Использование минерализованного раствора в качестве основы для приготовления промывочного раствора Фло-Про позволяет улучшить устойчивость к внешним воздействиям, к загрязнению, к механическим нагрузкам, устойчивость биополимеров к бактериальному воздействию, термостабильность, улучшить реологические свойства.

Наличие в буровом растворе Фло-Про высококачественного кольматанта – карбоната кальция совместно с реагентами Фло-Трол и Фло-Виз дает надёжную кольматацию пристволенной зоны пласта. При введении в промывочной раствор карбоната кальция важен его гранулометрический состав и добавленное количество. Преимущество применения карбоната кальция заключается в следующем: низкая стоимость, доступность, любой фракционный состав, обеспечение низкой липкости фильтрационной корки, низкого давления ее отрыва.

Содержащийся в фильтрате промывочного раствора Фло-Про хлористый калий предотвращает процесс набухания глинистых частиц, находящихся в порах продуктивного пласта. При бурении горизонтального ствола в систему Фло-Про добавляется органическая смазка Иколуб, чтобы повысить смазочные свойства. Коэффициент трения не превышает 0,2. Биополимеры, которые с фильтратом раствора проникают в продуктивный пласт, быстро деструктируют, поэтому вязкость фильтрата снижается до вязкости воды.

Промывочная жидкость Фло-Про максимально защищает продуктивный пласт от загрязнения. При применении бурового раствора Фло-Про до 90 % сохраняется естественная проницаемость продуктивных пластов, снижаются затраты средств и времени на освоение скважины.

Промывочный раствор Фло-Про способствует укреплению устойчивых горных пород, предотвращает их осыпи и обвалы, в горизонтальных и наклонных скважинах предупреждает дифференциальные прихваты.

Биополимерный промывочный раствор Фло-Про имеет ряд преимуществ: максимальное сохранение естественных коллекторских свойств продуктивных пластов, полный вынос выбуренных части шлама в горизонтальных скважинах, повышение устойчивости стенок скважины, снижение стоимости утилизации отходов, оптимизация гидравлических параметров, малый радиус проникновения фильтрата раствора в продуктивный пласт, особые реологические свойства, высокие смазывающие свойства, низкая коррозионная активность, низкая токсичность, биоразлагаемость, снижение времени на заканчивание и освоение скважины, увеличение производительности скважины, сокращение сроков строительства скважины, снижение гидравлических потерь в системе промывки, улучшение показателей работы долот. Стоимость системы Фло-Про выше по сравнению с обычными буровыми растворами, но обладающий указанными преимуществами промывочный раствор Фло-Про более эффективен.

Основным компонентом раствора Фло-Про является биополимерный реагент Фло-Виз. Этот реагент обладает свойствами твердого тела в покое и при близких к нулю скоростях сдвига и свойствами жидкости при высоких скоростях сдвига и образует гелеобразную структуру.

Уникальные свойства Фло-Виз способствуют хорошему и полноценному выносу шлама, обеспечивают хорошие тиксотропные свойства, снижают гидравлические потери и коэффициент трения, создают дополнительное сопротивление для проникновения фильтрата в призабойную зону продуктивного пласта. В совокупности все эти свойства положительно влияют на качество вскрытия продуктивного пласта, скорость бурения, способствуют снижению затрат времени на строительство скважины и себестоимость добываемого углеводородного продукта.

Биополимерный реагент предотвращает загрязнение продуктивного пласта мелкодисперсной твердой фазой, полностью разрушается при кислотной обработке, позволяет полностью очистить призабойную зону продуктивного пласта от следов бурового раствора. Фло-Виз сохраняет высокую эффективность в любых типах промывочных растворов: на пресной воде, минерализованной воде, на основе морской воды, рассолов, пластовой воды, обладает хорошими смазочными свойствами, нетоксичен, биоразлагаем, не наносит вред окружающей среде.

Для поддержания низкой водоотдачи используется реагент Фло-Трол – производное крахмала.

Фло-Трол – неионогенный полимер – может применяться в любых типах буровых растворов на водной основе, от пресных до соленасыщенных. При использовании совместно с Фло-Виз возникает синергетический эффект. Фло-Виз создает тонкую промывочную фильтрационную корку, подвержен бактериальному разложению, требует применения бактерицида, нетоксичен.

В качестве регулятора щелочности до рН 9,5–9,8 применяется каустическая сода, гидроксид калия. Для обеспечения необходимой плотности раствора, ингибирующей способности и совместимости с пластовым флюидом могут использоваться соли: хлористый натрий, хлористый калий, бромистый натрий и их комбинации.

В составе раствора отсутствует твердая фаза, высокая концентрация полимеров обеспечивает хорошие смазочные свойства, поэтому не требуется вводить смазочные добавки. Разложение биополимера начинается при температуре более 95 °С. Этот предел увеличивается до 140 °С, если концентрация соли минимальна – 3 %. При введении специальных реагентов термостойкость раствора можно повысить до 150 °С.

При бурении горизонтальных скважин в сложных геологических условиях аномально высоких пластовых давлений, неустойчивых глинистых пород, подверженных гидратации, эффективно использование системы ANCO-2000. Данный буровой раствор представляет собой высокоингибированную систему на основе биополимера, полианионной целлюлозы и полиалкиленгликолей.

Основным компонентом раствора является биополимерный реагент Анковиз. Благодаря этому реагенту раствор имеет псевдопластичные и хорошие суспензирующие свойства. Наличие таких свойств раствора препятствует быстрому осаждению частиц выбуренной горной породы в кольцевом пространстве при остановке циркуляции раствора и подъеме бурильных труб.

Водоотдача раствора регулируется полианионной целлюлозой, щелочность – бикарбонатом натрия. С целью усиления ингибирующих свойств кроме хлористого калия используются частично гидролизированный полиакриламид и полиалкиленгликоль. Термостойкость системы ANCO-2000 сохраняется до 150 °С.

Промывочная жидкость на основе синтетического неорганического структурообразователя Поливис-2 обладает исключительными сдвиговыми характеристиками. Буровой раствор с Поливис-2 эффективен при бурении горизонтальных скважин, так как имеет высокую удерживающую способность частиц твердой фазы во взвешенном состоянии как в динамике, так и в статике. Благодаря высоким значениям динамического напряжения сдвига и низкой пластической вязкости раствор имеет хорошие несущие свойства, что способствует эффективной очистке ствола горизонтальных скважин. Для снижения водоотдачи используется неионогенный Политрол.

Промывочная жидкость на синтетической основе Нова Плюс, в которой жидкая фаза является водой в эмульсии, характеризуется свойствами, зависящими от соотношения водной и синтетической фаз. В зависимости от требуемой вязкости ее водоотдачи содержание воды может изменяться от 10 до 50 %.

Дисперсионная среда в растворе Нова Плюс представлена внутренним олефином (продукт синтеза этилена) и имеет свойства минерального масла. В качестве эмульгатора в данной системе используется реагент Нова Тул. Гидрофобизирующая добавка Нова Вет применяется для придания гидрофобных свойств твердой фазе раствора и частицам выбуренной горной породы. В качестве загустителя в системе Нова Плюс используется органофильная глина. Для повышения

вязкости промывочной жидкости Нова Плюс при низких скоростях сдвига и улучшения тиксотропных свойств используется жидкий модификатор Нова Мод. Для получения необходимой щелочности в промывочную жидкость вводят гидроксид кальция.

Система Нова Плюс на синтетической основе имеет технические преимущества, которые характерны для растворов на углеводородной основе.

Промывочная жидкость Нова Плюс экологически безопасна [7].

Вопросы для самопроверки

1. Из каких компонентов состоит промывочная жидкость Ринполис?
2. Каковы особенности свойств бурового раствора Ринполис?
3. Что представляет собой промывочная жидкость Рагипол?
4. Какими свойствами обладает раствор Рагипол?
5. Какова термостойкость буровых растворов Ринполис и Рагипол?
6. Какими положительными качествами характеризуется буровой раствор Реогель?
7. Что является дисперсионной средой и дисперсной фазой в промывочных жидкостях на синтетической нефтяной основе?
8. Какими свойствами обладает буровой раствор на синтетической нефтяной основе?
9. Какой реагент является основным в составе бурового раствора Фло-Про?
10. Имеется ли в составе раствора Фло-Про твердая фаза?
11. В каких геологических условиях эффективно использовать систему ANCO-2000?
12. Какова термостойкость раствора ANCO-2000?
13. Какие особенности свойств имеет буровой раствор на основе синтетического неорганического структурообразователя Поливис-2?
14. Какой реагент используется в буровом растворе Поливис-2 для снижения водоотдачи?

5. ПРОМЫВОЧНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

В северных районах в геологическом разрезе залегает толща многолетнемерзлых пород. В состав таких пород могут входить прочные породы связанные (известняки, песчаники) и породы несвязанные (пески, галечники), цементирующим материалом для которых является лёд. Часто поры многолетнемерзлых пород полностью заполнены льдом.

Многолетнемерзлые породы подразделяются на породы, которые формировались и уплотнялись при положительной температуре, а позже замёрзли, и породы, формировавшиеся при отрицательной температуре. Частицы многолетнемерзлых пород, которые формировались при отрицательной температуре, связаны друг с другом льдом.

Когда при бурении многолетнемерзлых пород используется промывочный раствор с положительной температурой, горные породы в пристволенной зоне нагреваются за счет отдачи тепла бурового раствора породам и оттаивают. Чем выше температура промывочной жидкости и продолжительнее воздействие ее на породы, тем больше радиус растепления.

При растеплении многолетнемерзлых пород происходит таяние льда, в результате минеральные частицы теряют связь между собой и возникают осыпи и обвалы стенок скважины. Это приводит к образованию в стволе скважины пустот и могут появляться полости большого диаметра. Кроме того, обваливание горных пород может приводить к прихватам бурильной колонны.

При бурении в многолетнемерзлых породах могут возникать поглощения промывочного раствора вследствие раскрытия трещин, которые оказываются заполнены льдом частично.

Структура многолетнемерзлых горных пород бывает массивной, слоистой и сетчатой. Содержание льда определяется коэффициентом льдистости. Коэффициент льдистости определяется как отношение объема (массы) льда к объему (массе) всего образца горной породы, величина которого составляет 0,2–0,4.

Основную сложность при бурении представляет массивная структура. Эта структура сложена песками, галечниками и сцементированным льдом. Свободная вода кристаллизуется при нулевой температуре, капиллярная вода кристаллизуется при температуре 6–10 °С, физически связанная вода кристаллизуется при температуре 75–80 °С. Прочность мерзлой породы возрастает при понижении температуры от -3 °С, а при температуре до -2 °С горные породы находятся в пластичном мерзлом состоянии.

Растепление многолетнемерзлых горных пород может привести к обваливанию пород на стенках скважины, кавернообразованию, потере устойчивости наземного оборудования, падению вышки, а замерзание бурового промывочного раствора – к смятию обсадной колонны.

Основным способом предупреждения растепления многолетнемерзлых пород и обеспечения нормальных условий бурения скважин является сохранение теплового режима пород. Передача тепла от промывочного раствора к стенкам скважины происходит за счет перепада температур. Для снижения теплообменных процессов температура входящей в скважину промывочной жидкости должна быть не более 5 °С. Теплоемкость жидкостей и твёрдых тел при постоянной температуре и давлении примерно одинаковые.

Наиболее часто встречаются три зоны многолетнемерзлых пород: 1 – сплошное распространение многолетнемерзлых пород в северной зоне от поверхности до 1500 м; 2 – переход от сплошного залегания многолетнемерзлых пород к обычным породам в центральной зоне; 3 – в южной зоне – на поверхности талые породы. Реликтовая мерзлая толща находится на разных глубинах от поверхности земли.

При бурении скважин в многолетнемерзлых породах проблемой является поступление пластовых вод с минерализацией до 500 г/л на глубинах 300–1800 м и термокарстовые образования. Лед, так же как и углеводороды, имеет низкую электропроводность [1].

С целью сохранения теплового баланса системы «скважина – пласт» требуется выбирать промывочную жидкость с минимальной теплопроводностью и теплоемкостью, что обеспечит минимальное

растепление замерзших пород. Этому способствует выбор ламинарного режима течения бурового промывочного раствора, при котором не происходит перемешивания пристенной части потока бурового раствора со всем его объёмом. Требуется также охлаждение промывочной жидкости на поверхности, в результате чего уменьшается прогрев многолетнемерзлых пород. Особенно необходимо охлаждение бурового раствора в летнее время.

По степени растепления буровые промывочные растворы располагаются в ряд (по возрастанию): сжатый воздух и пены, растворы на углеводородной основе с добавками антифризов, водные полимерные и полимерглинистые растворы, вода. Чаще всего используется глинистый раствор на водной основе с минерализацией 10 % хлористого натрия, хлористого калия или хлористого кальция, обработанный полимерами и биополимерами. Глинистый раствор должен иметь минимальную фильтрацию до 5 см³ за 30 минут. При добавке к 15%-ной суспензии глинопорошка 0,3–0,5 % карбоната калия и 0,5 % карбоксиметилцеллюлозы скорость таяния льда снижается на 18 %, а при введении 0,025 % полиэтиленоксида – на 42 % [1].

Во время циркуляции температура бурового раствора возрастает. При остановке циркуляции промывочной жидкости на несколько суток раствор твердеет, поэтому при вынужденной длительной остановке требуется обязательно закачивать раствор соли, чтобы предупредить замерзание промывочной жидкости. Растепление и оттаивание многолетнемерзлых пород, связанные с их слоистостью, приводит к уплотнению горной породы, вызывает растягивающие и сжимающие нагрузки на обсадные трубы и их разрушение.

Для снижения растепления многолетнемерзлых пород промывочная жидкость должна иметь повышенную вязкость и статистическое напряжение сдвига бурового раствора для предотвращения его турбулизации. Скорость восходящего потока в затрубном пространстве должна быть не выше 0,15 м/с. Температура циркулирующего бурового раствора не должна превышать 3–6 °С, а время разовой циркуляции должно быть не более 20 часов.

Вопросы для самопроверки

1. На какие виды структур подразделяются многолетнемерзлые породы?
2. Как определяется коэффициент льдистости?
3. Какая структура многолетнемерзлых пород представляет основную сложность при бурении?
4. К каким последствиям может привести растепление многолетнемерзлых пород?
5. Какой основной способ предупреждения растепления многолетнемерзлых пород?
6. Какие зоны многолетнемерзлых пород встречаются наиболее часто?
7. Какой режим течения промывочной жидкости необходимо поддерживать в затрубном пространстве при бурении многолетнемерзлых пород?
8. Как располагаются промывочные растворы по степени растепления многолетнемерзлых пород?
9. Какой вид бурового раствора чаще всего используется при бурении многолетнемерзлых пород?
10. Какими свойствами должна обладать промывочная жидкость для снижения растепления многолетнемерзлых пород?
11. Каким веществом связаны минеральные частицы многолетнемерзлых пород?
12. Почему может возникать растепление многолетнемерзлых пород?
13. Почему могут возникать осыпи и обвалы пород при бурении многолетнемерзлых пород?
14. В результате чего могут возникнуть поглощения промывочной жидкости при бурении многолетнемерзлых пород?
15. Какое осложнение может явиться причиной прихвата бурильной колонны при разбурировании многолетнемерзлых пород?

6. МАТЕРИАЛ ПО ПРОМЫВОЧНЫМ РАСТВОРОМ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовая работа выполняется на основе производственных данных буровых предприятий при использовании учебных пособий, методических рекомендаций, периодических изданий, научной литературы.

В курсовой работе студенту необходимо разработать вопросы по буровым промывочным жидкостям для бурения скважины в соответствии с гидрогеологическими условиями месторождения. Студент должен показать умение анализировать производственный материал, пользоваться литературой, рекомендовать и обосновать рациональные виды промывочной жидкости, химических реагентов, утяжелителей, способность разрабатывать специальный вопрос.

Необходимые материалы для выполнения курсовой работы

1. Геолого-технический наряд на скважину по месторождению.
2. Литолого-стратиграфический разрез скважины.
3. Интервалы (зоны) возможных осложнений.
4. Сведения о конструкции скважины.
5. Пластовые давления, а в слабых пластах – давления гидро-разрыва.

Расчётно-пояснительная записка выполняется на листах бумаги размером А4 (210×297 мм) без рамки. Сокращение слов в тексте не допускается, за исключением сокращений, допускаемых по ГОСТ.

Пояснительная записка может быть выполнена с использованием компьютерной техники и рукописным способом. Если текст в печатном виде, то следует использовать шрифт 14, интервал 1,5, набор с одной стороны листа.

Пояснительная записка курсовой работы должна быть сброшюрована и иметь титульный лист. Нумерация страниц осуществляется последовательно от титульного листа до последней страницы.

Номера страниц проставляются в правом верхнем углу, независимо от расположения таблицы или рисунка, слово «стр.» не ставится.

Состав пояснительной записки

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Введение.
4. Геологический раздел.
5. Технологический раздел.
6. Заключение.
7. Библиографический список.

Введение

Показать назначение промывочной жидкости для успешной проводки скважины. Отразить необходимость соответствия вида и качества буровых промывочных растворов гидрогеологическим и технологическим условиям бурения. Показать важность разрабатываемой темы специального вопроса в курсовой работе. Объем раздела 1–2 страницы.

1. Геологический раздел

В данном разделе указать географическое расположение месторождения проектируемой скважины.

1.1. Геологический разрез скважины

Представить описание стратиграфии района и литологического состава горных пород по разрезу скважины до проектной глубины (представляется в виде таблицы). Выделить интервалы залегания продуктивных пластов. Перечислить зоны возможных осложнений, дать им характеристику: осыпи и обвалы горных пород, поглощения промывочной жидкости, газонефтеводопроявления. Охарактеризовать пластовые давления и при наличии в геологическом разрезе слабых пластов давление гидроразрыва с целью предотвращения поглощения промывочной жидкости. Объем раздела 4–5 страниц.

2. Технологический раздел

2.1. Сведения о конструкции скважины

В данной части раздела требуется представить описание конструкции скважины в соответствии с геолого-техническим нарядом, ко-

торый является основой для выполняемой курсовой работы. Дать определение, что понимается под конструкцией скважины. Необходимо указать данные о количестве, диаметре, глубине спуска обсадных колонн и высоте подъема тампонажного раствора в затрубном пространстве каждой колонны.

Указать цель спуска, то есть назначение каждой обсадной колонны в проектируемой скважине.

Представить на рисунке схематическое изображение конструкции данной скважины.

2.2. Выбор и обоснование вида бурового промывочного раствора по интервалам бурения скважины в связи с изменением геологических условий

При выборе вида бурового промывочного раствора следует руководствоваться сведениями геолого-технического наряда и материалами бурового предприятия.

Интервалы смены вида промывочной жидкости по скважине определяются по изменению параметров бурового раствора, указанных в геолого-техническом наряде. Интервалы необходимо указывать в метрах от устья до забоя по глубине скважины. Например, первый интервал 0–150 м, второй интервал 150–510 м, третий интервал 510–1200 м, четвёртый интервал 1200–2100 м и так далее до проектной глубины.

При обосновании рекомендуемой промывочной жидкости следует руководствоваться данными геолого-технического наряда о литологическом составе горных пород, их устойчивом состоянии, наличии возможных осложнений и о технологических условиях бурения. Следует обосновать целесообразность использования рекомендуемого вида промывочной жидкости в каждом интервале бурения скважины. При этом нужно изучить производственные данные бурового предприятия и опираться на учебную, и методическую литературу.

Требуется дать характеристику рекомендуемого бурового раствора, указать преимущества и недостатки.

2.3. Расчёт плотности и выбор параметров промывочной жидкости по интервалам бурения в зависимости от гидрогеологических условий

При вскрытии газонефтеводонасыщенных пластов плотность промывочной жидкости должна предусматривать создание столбом раствора гидростатического давления превышающего пластовое давление на величину не менее 10 % для интервалов глубиной до 1200 м и не менее 5 % для интервалов свыше 1200 м до проектной глубины. При этом противодействие на пласты не должно превышать пластовые давления на 1,5 МПа для интервалов глубиной до 1200 м и на 2,5–3,0 МПа для интервалов свыше 1200 м.

Плотность промывочной жидкости рассчитывается из условия создания противодействия на пласт по формуле

$$\rho = K \cdot \frac{P_{пл} \cdot 10^6}{g \cdot L_{п}},$$

где ρ – плотность промывочной жидкости, при вскрытии газонефтеводосодержащих пластов, кг/м³;

K – коэффициент превышения гидростатического давления бурового раствора в скважине над пластовым в зависимости от глубины;

$P_{пл}$ – пластовое давление вскрываемого пласта, МПа;

g – ускорение силы тяжести (9,81), м/с²;

$L_{п}$ – глубина залегания кровли вскрываемого пласта, м.

При отсутствии в геолого-техническом наряде значения пластового давления его можно определить с помощью нормального градиента давления $P_{пл} = 0,01$ МПа/м.

Максимально допустимая репрессия на пласт должна исключать возможность гидроразрыва слабого пласта и поглощения бурового раствора. При наличии в геологическом разрезе скважины слабого пласта следует рассчитать плотность, при которой может произойти гидроразрыв пласта гидростатическим давлением промывочной жидкости:

$$\rho_{г.р.} = \frac{P_{г.р.} \cdot 10^6}{g \cdot L_{п}},$$

где $\rho_{г.р.}$ – плотность промывочной жидкости, при которой может произойти гидроразрыв пласта, кг/м³;

$\rho_{г.р.}$ – давление гидроразрыва слабого пласта, МПа;

g – ускорение силы тяжести (9,81), м/с²;

$L_{п}$ – глубина залегания подошвы слабого пласта, м.

С целью предотвращения гидроразрыва слабого пласта должно соблюдаться условие $\rho_{г.р.} > \rho$ [4].

При отсутствии промысловых данных и данных исследований о давлении гидроразрыва пласта допускается использовать эмпирическую формулу

$$P_{г.р.п.} = 0,0083 + 0,66 P_{пл} / L_{п} .$$

Выбор основных параметров промывочной жидкости выполняется из геолого-технического наряда по каждому интервалу бурения скважины, которые определены в разделе 2.2 данной курсовой работы. К таким параметрам относятся: водоотдача V в см³ за 30 минут, условная вязкость T в с., статическое напряжение сдвига (СНС) за 1 минуту покоя раствора θ_1 и за 10 минут покоя раствора θ_{10} в Па или дПа, динамическое напряжение сдвига τ_0 в Па или дПа, пластическая вязкость $\eta_{п}$ в Па·с, динамическая вязкость $\eta_{д}$ в Па·с, водородный показатель рН, содержание песка (шлама) P в %.

В интервалах плотных цементированных карбонатных горных пород, где отсутствуют пластовые флюиды и не требуется создавать противодавление на пласты, бурение ведётся на технической воде, плотность не рассчитывается, остальные параметры отсутствуют.

2.4. Регулирование свойств промывочной жидкости по интервалам бурения скважины

В данном разделе регулирование свойств промывочной жидкости выполняется по интервалам скважины, представленным в разделе 2.2. Требуется разработать рациональную и эффективную обработку бурового промывочного раствора химическими реагентами с целью получения качественного раствора.

В интервалах, где требуется изменить плотность промывочной жидкости, для изменения гидростатического давления раствора в скважине необходимо подобрать утяжелитель.

По каждому рекомендуемому химическую реагенту следует указать его назначение, дать характеристику, состав, способ получения. Представить характеристику рекомендуемых утяжелителей.

Особое внимание нужно уделить выбору химических реагентов и утяжелителя для получения качественных свойств промывочного раствора при разбурировании продуктивного пласта с целью сохранения естественных коллекторских свойств продуктивного горизонта.

После решения вопросов данного раздела построить график изменения каждого параметра промывочной жидкости по интервалам до проектной глубины скважины.

2.5. Определение количества промывочной жидкости, химических реагентов, утяжелителя

Для выполнения расчетов в данном разделе требуется использовать нормы расхода материалов в рассматриваемом районе, объём емкостей, в которых находится промывочная жидкость.

Количество промывочной жидкости по интервалам бурения и на одну скважину рассчитывается по формуле

$$V=n_1L_1+ n_2L_2 +n_3L_3+\dots n_nL_n,$$

где V – общий объём бурового раствора на одну скважину, м^3 ;

$n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ – норма расхода бурового раствора на один метр проходки с учётом коммерческой скорости, диаметра долота и химической обработки раствора (обработанный химическими реагентами или необработанный) по интервалам, $\text{м}^3/\text{м}$;

L – длина интервала скважины, соответствующая данной норме, пробуренная одним диаметром долота, м. При переходе с бурения одним видом промывочной жидкости на другой или с бурения технической водой на бурение буровым раствором требуется учитывать дополнительный объём, необходимый для заполнения скважины, исходя из объёма обсаженной и необсаженной части скважины с учетом коэффициента кавернозности и объёма приёмных емкостей.

Объём обсаженной части скважины определяется как объём одного метра внутритрубного пространства и длины интервала бурения одним диаметром долота. Объём необсаженной части скважины оп-

ределяется как объем одного метра скважины в зависимости от диаметра долота и коэффициента кавернозности и длины интервала бурения одним диаметром долота.

Объем приемных емкостей и желобов принимается в зависимости от типа буровой установки и системы очистки. Коэффициент кавернозности устанавливается из производственных данных.

Определение количества химических реагентов выполняется отдельно по каждому виду химического реагента по формуле

$$Q = n_1 V_1 + n_2 V_2 + n_3 V_3 + \dots + n_n V_n,$$

где Q – общий расход химического реагента на скважину, кг;

$n(n_1, n_2, n_3 \dots n_n)$ – норма расхода химического реагента на один кубический метр (1 м^3) бурового раствора по интервалам, кг;

$V(V_1, V_2, V_3 \dots V_n)$ – объем бурового раствора по интервалам бурения скважины, м^3 .

Определение необходимого количества утяжелителя выполняется по интервалам бурения скважины, в которых производится изменение плотности промывочной жидкости с помощью утяжелителя.

Расчет количества утяжелителя выполняется по формуле

$$Q = \frac{V \cdot \rho_1 \cdot (\rho_2 - \rho_3)}{\rho_1 - \rho_2 \cdot (1 - n + n \cdot \rho_1)},$$

где V – объем бурового раствора подлежащий утяжелению, м^3 (см^3);

ρ_1 – плотность утяжелителя, $\text{т}/\text{м}^3$ ($\text{г}/\text{см}^3$);

ρ_2 – плотность бурового раствора, до которой требуется утяжелитель, $\text{т}/\text{м}^3$ ($\text{г}/\text{см}^3$);

ρ_3 – плотность бурового раствора, в который требуется утяжелитель, $\text{т}/\text{м}^3$ ($\text{г}/\text{см}^3$);

n – влажность утяжелителя доли единицы (допустимая влажность 0,02–0,05).

2.6. Разработка специального вопроса

В заголовке данного раздела следует дать название вопроса, который будет разрабатываться.

Необходимо указать роль и значение исследуемой темы; дать краткий обзор литературы, имеющиеся разработки по данному во-

просу; представить производственный статистический материал и сделать его анализ.

Следует дать характеристику причин целесообразности рассмотрения данной темы. Разрабатываемый вопрос может иметь исследовательский характер. При этом нужно показать необходимость и цель исследуемой темы. Если имеются результаты экспериментов, пояснить их значение, представить графики, рисунки, схемы.

В конце данного раздела представить рекомендации, выводы по разрабатываемой теме.

Объем технологического раздела 45–50 страниц.

Пояснительная записка должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями ГОСТа и учебно-методическими разработками кафедры [4].

Темы для разработки специального вопроса

1. Характеристика глины как материала, применяемого для приготовления буровых растворов.
2. Характеристика материалов, используемых для приготовления промывочных жидкостей.
3. Виды и характеристика естественных промывочных жидкостей.
4. Приготовление и применение глинопорошка для приготовления промывочного раствора.
5. Характеристика и свойства бентонитовых глин.
6. Характеристика, свойства палыгорскитовых глин и их назначение.
7. Назначение и виды буровых промывочных жидкостей.
8. Преимущества и недостатки бурения на технической воде.
9. Способы регулирования свойств буровых промывочных растворов.
10. Характеристика, виды и применение химических реагентов – понизителей фильтрации (водоотдачи) бурового раствора.
11. Виды, характеристика и применение химических реагентов – понизителей вязкости промывочной жидкости.

12. Виды, характеристика и назначение крахмальных реагентов для буровых растворов.
13. Получение, свойства и применение кальцинированной соды.
14. Характеристика, назначение и эффективность использования смазочных добавок в буровых растворах.
15. Виды, характеристика и особенности использования химических реагентов – структурообразователей для промывочных жидкостей.
16. Виды, свойства и применение лигносульфонатных химических реагентов в буровых промывочных растворах.
17. Виды химических реагентов – пеногасителей и область их применения для буровых растворов.
18. Характеристика, назначение химических реагентов – регуляторов щелочности промывочной жидкости.
19. Характеристика и область применения химических реагентов, повышающих термостабильность промывочных растворов.
20. Виды, характеристика и особенности использования поверхностно-активных веществ.
21. Характеристика химических реагентов – ингибиторов гидратации и диспергирования глинистых пород.
22. Характеристика химических реагентов, применяемых для промывочных растворов на углеводородной (нефтяной) основе.
23. Виды и свойства химических реагентов, получаемых на основе акриловых полимеров.
24. Виды, назначение и применение утяжелителей в промывочных буровых растворах.
25. Характеристика и назначение хлоркальциевых глинистых растворов при бурении скважины.
26. Виды и назначение известковых буровых растворов при бурении.
27. Характеристика и применение минерализованных промывочных жидкостей при бурении.
28. Виды и область применения хлоркалиевых буровых растворов.

29. Состав и область применения полимерных промывочных растворов.
30. Виды и область применения буровых растворов с конденсированной твердой фазой.
31. Характеристика и назначение кремнийорганических химических реагентов (ГКЖ-10, ГКЖ-11).
32. Назначение, характеристика и применение хроматов и бихроматов для промывочных растворов.
33. Характеристика и применение силикатных буровых растворов.
34. Виды баритовых утяжелителей и их применение в промывочных растворах.
35. Основные свойства промывочных жидкостей, влияющих на процесс бурения.
36. Характеристика и область применения аэрированных буровых растворов.
37. Виды и применение безглинистых промывочных растворов при бурении скважин.
38. Технологическая схема циркуляционной системы буровой.
39. Характеристика карбонатных утяжелителей и область их применения.
40. Применение буровых растворов с низким содержанием твердой фазы.
41. Характеристика и применение аэрированных буровых растворов при бурении.
42. Характеристика и применение промывочных растворов на синтетической неводной основе (PHCO).
43. Характеристика и применение промывочных растворов на углеводородной основе.
44. Технологическая схема приготовления промывочной жидкости.
45. Виды и условия применения газообразных промывочных агентов.
46. Характеристика буровых промывочных растворов для вскрытия продуктивных горизонтов.

47. Способы приготовления промывочных растворов и устройства для их приготовления.
48. Устройство и назначение гидравлических перемешивателей.
49. Устройство и назначение механических перемешивателей.
50. Устройство и принцип работы гидроциклонного сепаратора.
51. Устройство и приготовление бурового раствора с помощью гидроэжекторного смесителя.
52. Устройство и применение гидравлического диспергатора.
53. Способы и устройства для очистки промывочной жидкости от шлама.
54. Способы и устройства для очистки промывочной жидкости от газа.
55. Первичная очистка промывочного раствора от выбуренных частиц горной породы.
56. Гидроциклонная очистка бурового раствора.
57. Устройство и применение вибросит как первой ступени очистки промывочного раствора от шлама.
58. Дегазация буровых промывочных жидкостей.
59. Устройства и схема очистки утяжеленных промывочных растворов.
60. Устройство и принцип действия пескоотделителя как второй ступени очистки бурового раствора от шлама.
61. Устройство и принцип действия илоотделителя как третьей ступени очистки промывочной жидкости от шлама.
62. Назначение, устройство и принцип действия центрифуги.
63. Характеристика трехступенчатой системы очистки бурового промывочного раствора от шлама.
64. Характеристика четырехступенчатой системы очистки бурового промывочного раствора от шлама.
65. Характеристика буровых промывочных растворов для вскрытия продуктивных пластов в скважинах с горизонтальным окончанием ствола.
66. Основные проблемы очистки горизонтального ствола от шлама.

67. Требования, которым должен отвечать буровой промывочный раствор при бурении горизонтальных скважин.
68. Характеристика промывочных жидкостей для бурения многолетнемерзлых горных пород.
69. Характеристика химических реагентов для буровых растворов при бурении многолетнемерзлых пород.
70. Применение блока флокуляции для очистки промывочной жидкости.
71. Воздействие промывочного раствора на коллекторские свойства продуктивного пласта при разбурировании.
72. Характеристика смазочных свойств буровых промывочных жидкостей.
73. Устройство и принцип действия вакуумных дегазаторов.
74. Виды и устройство дегазаторов для очистки бурового раствора от газа.
75. Устройство и применение газового сепаратора для очистки бурового раствора от газа.
76. Устройство и применение гидравлического веерного дегазатора для очистки промывочной жидкости от газа.
77. Взаимодействие промывочных растворов с разбурируемыми горными породами и влияние на устойчивость стенок скважины.
78. Принцип выбора технологических показателей буровых промывочных жидкостей.
79. Влияние структуры буровых растворов на способность выносить шлам на дневную поверхность.
80. Технологические и физико-химические требования к буровым промывочным растворам.
81. Принцип выбора вида промывочной жидкости для бурения скважины.
82. Влияние адгезионных свойств фильтрационных корок на процесс бурения скважин.
83. Характеристика и область применения облегченного биополимерного хлоркалиевого бурового раствора.

84. Характеристика и область применения безглинистых промы-
вочных растворов.
85. Состав и применение полимер-эмульсионного раствора.
86. Характеристика отечественных буровых растворов, приме-
няемых для бурения горизонтальных скважин.
87. Рациональная химическая обработка промывочного раствора.
88. Требования к промывочной жидкости при бурении соленос-
ных отложений.
89. Технологические требования к качеству промывки скважины.
90. Влияние вида и свойств промывочных жидкостей на про-
мывку скважины.
91. Влияние вращения бурильной колонны на характер потока и
осаждения шлама.
92. Характеристика и применение химических реагентов-
стабилизаторов.
93. Виды и применение химических реагентов для связывания
ионов кальция.
94. Характеристика пресных глинистых растворов и их при-
менение.
95. Характеристика и применение соленасыщенной промывоч-
ной жидкости.
96. Утяжеление промывочной жидкости.
97. Характеристика и применение малоглинистых буровых рас-
творов.
98. Виды и характеристика промывочных жидкостей ингиби-
рующего действия.
99. Особенности и требования приготовления буровых растворов
на углеводородной основе.
100. Состав гидрофобизирующего бурового раствора, его приго-
товление и применение.
101. Характеристика и применение полимерных недиспергирую-
щих растворов с небольшим содержанием твердой фазы.

ВЫВОДЫ

1. Материал учебного пособия дает студентам знания о промывочных растворах как виде дисперсных систем, применяемых при бурении скважин.

2. Студенты приобретают знания о целесообразности и эффективности применения тех или иных промывочных жидкостей для разбуривания различных горных пород в геологическом разрезе скважин.

3. Представлен материал о проблемах, возникающих при бурении горизонтальных скважин.

4. Студенты изучают, какие свойства промывочного раствора оказывают особенное влияние на процесс промывки горизонтальных скважин, какие режимы течения потока бурового раствора необходимо поддерживать в затрубном пространстве в зависимости от угла наклона ствола скважины.

5. Рассмотрен вопрос об осложнениях, возникающих в горизонтальных скважинах при несоответствии промывочного раствора условиям бурения.

6. Студенты приобретают знания о промывочных растворах и предъявляемых к ним критериях при вскрытии продуктивных пластов в горизонтальных скважинах.

7. Рассмотрены отечественные промывочные жидкости, применяемые для бурения горизонтальных скважин.

8. Представлен материал о типах промывочных жидкостей, используемых за рубежом для бурения горизонтальных скважин.

9. Рассмотрен вопрос о промывочных растворах при бурении многолетнемерзлых пород.

10. Студенты изучают влияние разных видов промывочных растворов на степень растепления многолетнемерзлых пород.

11. Рассмотрен вопрос, какими свойствами должна обладать промывочная жидкость, чтобы уменьшить растепление многолетнемерзлых пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промывочные растворы в большинстве своём принадлежат к коллоидным растворам и являются полидисперсными системами. Усложнение условий бурения привело к значительному расширению типов промывочных жидкостей и химических реагентов, применяемых для регулирования свойств промывочных растворов.

Буровые промывочные растворы подвергаются действию коагулирующих факторов, таких как изменение концентрации дисперсной фазы и состава дисперсионной среды, воздействие температуры, давления, электролитов, поэтому требуется эффективная коллоидная защита.

Регулирование свойств буровых промывочных растворов означает придание им не только определенных технологических свойств, но и способности повышать устойчивость стенок скважины, предупреждать осложнения в процессе бурения, сохранять естественные коллекторские свойства продуктивных пластов, то есть препятствовать ухудшению проницаемости призабойной зоны продуктивного пласта.

При бурении горизонтальных и сильно искривленных скважин важной проблемой является очистка ствола скважины от выбуренной горной породы. Недостаточная очистка ствола скважины от выбуренного шлама обуславливает многие осложнения и аварии, происходящие в наклонном стволе скважины.

Правильный выбор состава и реологических свойств бурового промывочного раствора позволяет провести эффективную очистку ствола горизонтальных и сильно искривленных скважин от выбуренной горной породы и обеспечить безаварийную проводку скважины. Реологические свойства промывочной жидкости должны способствовать выносу выбуренного шлама на поверхность, не давая ему осесть в стволе скважины. Это предотвратит увеличение репрессии на пласты, возникновение поршневания и пульсации давления на забое скважины при спускоподъемных операциях и наращивании бурильной колонны.

В горизонтальных скважинах продуктивные пласты более подвержены загрязнению, чем в вертикальных. При большой протяженности горизонтального участка в продуктивный пласт могут проникать частицы дисперсной фазы и фильтрат промывочного раствора, что приводит к ухудшению естественных коллекторских свойств продуктивного пласта. Буровые промывочные жидкости для вскрытия продуктивных пластов в горизонтальных скважинах должны удовлетворять определенным требованиям.

Используемые промывочные растворы не должны загрязнять продуктивный пласт, обеспечивая эффективную очистку ствола на всех интервалах горизонтальной скважины.

Такие условия позволяет реализовать применение безглинистых промывочных растворов на основе полимеров полисахаридной природы, полимер-эмульсионных растворов, содержащих полисахаридные полимеры, буровых промывочных растворов на углеводородной основе, промывочных жидкостей на синтетической углеводородной основе.

При бурении скважин в многолетнемерзлых породах главным является предотвращение растепления многолетнемерзлых пород. Для обеспечения нормальных условий бурения многолетнемерзлых пород необходимо сохранить тепловой режим разбуриваемых пород, поэтому требуется поддерживать температуру входящего в скважину бурового промывочного раствора не более 5 °С.

Используемая промывочная жидкость для бурения многолетнемерзлых пород должна иметь минимальную фильтрацию до 5 см³ за 30 минут, повышенную вязкость и статическое напряжение сдвига для предотвращения возникновения турбулентного режима течения. Скорость восходящего потока промывочного раствора в затрубном пространстве не должна превышать 0,15 м/с. Данные требования к буровым промывочным раствором при бурении многолетнемерзлых пород способствуют снижению возможности возникновения осложнений в стволе скважины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. – Оренбург, 2005. – 663 с. – ISBN 5-88788-128-3.
2. Ермолаева Л.В. Механика буровых растворов: учеб. пособие. – Самара: СамГТУ, 2012. – 64 с.
3. Ермолаева Л.В. Буровые растворы: учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 63 с.
4. Ермолаева Л.В. Буровые промывочные жидкости: учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 48 с.
5. Маковей Н. Гидравлика бурения. – М.: Недра, 1986. – 536 с.
6. Ермолаева Л.В. Технологические промывочные жидкости: учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2019. – 50 с.
7. Буровые растворы для бурения, заканчивания и капитального ремонта скважин <https://neftegaz.ru/tech-library/burenie/142386-burovye-rastvory-dlya-bureniya-zakanchivaniya-i-kapitalnogo-remonta-skvazhin/>
8. Агзамов Ф.А., Гбогбо АаронМортхи. Проблемы заканчивания горизонтальных скважин // Нефтегазовое дело. – 2018. – № 3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Введение	3
1. Промывочные жидкости как вид дисперсных систем.....	5
2. Буровые промывочные растворы для бурения горизонтальных скважин	10
3. Выбор промывочной жидкости для вскрытия продуктивных пластов в горизонтальных скважинах	15
4. Типы промывочных жидкостей для бурения горизонтальных скважин	19
5. Промывочные растворы для бурения многолетнемерзлых пород.....	29
6. Материал по промывочным растворам к курсовой работе	33
Выводы	46
Заключение.....	47
Библиографический список.....	49

Учебное издание

ЕРМОЛАЕВА Людмила Владимировна

Промысловые растворы в бурении

Редактор *Е.С. Захарова*

Компьютерная верстка *Е.А. Образцова*

Выпускающий редактор *Ю.А. Петропольская*

Подп. в печать 12.11.20

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная

Усл. п. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,95

Тираж 100 экз. Рег. № 201/20

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8