

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого»

Институт повышения квалификации и переподготовки

Кафедра: «Разработка, эксплуатация нефтяных меторождений и транспорт  
нефти»

Реферат  
по дисциплине  
«Буровые и тампонажные растворы»  
На тему «Основные функции бурового раствора и их особенности»

Выполнил слушатель группы  
НЭ-21  
Гетченко А.Д.  
Принял преподаватель  
Пузан Н.А.

Гомель 2022

Под **технологическими функциями (свойствами) буровых растворов** следует понимать их влияние на буримость горных пород, фильтрационные процессы, очистку ствола и забоя скважины, устойчивость стенок ствола, сложенными неустойчивыми породами, снижение сопротивлений движению бурильного инструмента при его контакте с глинистой коркой и стенками скважины, раскрытие и освоение коллекторов, содержащих нефть и газ.

Технологические свойства буровых растворов существенно влияют на работоспособность буровых долот, забойных гидравлических и электрических двигателей, бурильных и обсадных труб и другого подземного бурового оборудования. Технологический процесс промывки скважин должен быть спроектирован и реализован так, чтобы достичь лучших технико-экономических показателей бурения. При этом главное внимание необходимо уделять выполнению основных технологических функций.

Буровой раствор в процессе бурения осуществляет ряд функций, которые тем разнообразнее, чем сложнее процесс бурения: глубже скважина, неустойчивее ее стенки, выше давление газа и нефти в разбуриваемых горизонтах. Процесс бурения представляет собой совокупность различных операций, определяющих технологию проходки скважины, поэтому функции называются технологическими. Они подразделяются на 4 группы: гидродинамические, гидростатические, коркообразовательные и физико-химические.

**Гидродинамические функции** осуществляются потоком раствора в скважине. К ним относятся:

- **Вынос выбуренной породы (шлама) из скважины.** Важнейшей функцией бурового раствора является удаление частиц выбуренной и обвалившейся породы из скважины на поверхность. Если их своевременно не удалить, бурение прекратится. Даже небольшое количество частиц выбуренной породы, оставшееся на забое, снижает скорость бурения. Это объясняется тем, что энергия долота затрачивается не только на разрушение породы, но и на дополнительное измельчение уже выбуренных частиц породы.

Значительную опасность представляет накопление выбуренной породы в затрубном пространстве, куда она доставляется потоком бурового раствора с забоя. Просвет между бурильными трубами и стенками скважины при этом уменьшается, что может привести к прихвату (заклиниванию) труб.

Буровой раствор прокачивают через скважину по бурильным трубам, а от выбуренной породы раствор очищают на поверхности с помощью очистной системы. Буровой раствор вместе с частицами шлама движется вверх между бурильными трубами и стенками скважины. Жидкость движется вверх, а частицы породы под действием силы тяжести – вниз. Поэтому **полное удаление частиц обеспечивается при условии, если скорость падения частиц будет значительно ниже скорости подъема бурового раствора.**

На вынос частиц существенно влияет способ бурения скважины. При роторном способе вращается вся колонна труб, ее вращение передается буровому раствору, который в этом случае поднимается по спирали. Поэтому при роторном бурении полнота очистки раствора выше, чем при турбинном.

Качество очистки скважины от шлама (скорость и степень) зависит от скорости восходящего потока, которая определяется производительностью насосов. На эффективность выноса породы влияет плотность, вязкость и динамическое напряжение сдвига бурового раствора. Для удаления частиц породы необходимо, чтобы скорость восходящего потока была выше скорости их осаждения.

- **Размыв породы на забое скважины.** Это одна из основных функций раствора, способствующая достижению максимальной скорости бурения за счет эффективной очистки забоя от выбуренной породы.

Прочность разбуриваемых пород меняется в широких пределах. Существуют очень твердые и очень мягкие породы. При разбурировании мягких пород (например, глин) применяют специальные «гидромониторные» долота, снабженные насадками, с помощью которых создается мощная струя бурового раствора. Ее удар вызывает дополнительное разрушение породы, увеличивая скорость бурения скважины. Это мероприятие получило название «**гидромониторного эффекта**».

Наилучшие условия разрушения создаются при минимальной разнице гидростатического и порового давлений в разбуриваемых породах. Механическая скорость бурения повышается при обработке раствора поверхностно-активными веществами (ПАВ), понижающими поверхностное натяжение. Существенное влияние оказывает величина мгновенной фильтрации раствора, чем она больше, тем выше механическая скорость.

Однако не всегда удастся поддерживать все указанные параметры для успешной работы долота, ибо существует целый ряд и других технологических требований к буровому раствору, связанных с геологическими условиями бурения.

- **Перенос энергии от насосов к забойным двигателям (турбобурам).** При прокачке бурового раствора насосами затрачивается определенная энергия – электрическая или тепловая. Эта энергия в основном превращается в кинетическую энергию потока бурового раствора. Часть энергии затрачивается на вращение лопаток турбобура, в свою очередь вращающего породоразрушающий инструмент-долото.

- **Охлаждение долота в процессе бурения.** В процессе бурения между долотом и разрушаемой породой, а также между вращающимся бурильным инструментом и стенками скважины возникают значительные силы трения. Благодаря присутствию бурового раствора коэффициент трения значительно уменьшается, а теплота, образующаяся вследствие трения, рассеивается потоком жидкости. Кроме того, на стенках скважины образуется скользкая корка, которая уменьшает силы трения труб при вращении и спускоподъемных операциях (СПО). Существенно понижают коэффициент трения смазывающие добавки.

Охлаждение долота, бурильных труб, гидравлического оборудования способствует увеличению их долговечности и поэтому является также важной функцией промывки. Известно, что охлаждение омываемых деталей тем лучше, чем больше скорость циркуляции, ниже вязкость бурового раствора и

выше его теплоемкость и теплопроводность. Однако регулирование этих показателей с целью улучшения условий охлаждения бурового инструмента и оборудования ограничено необходимостью выполнения предыдущих, иногда более важных, функций промывки скважин.

**Гидростатические функции** осуществляются покоящимся буровым раствором (например, при СПО). К этой группе функций относятся:

- **Создание гидростатического равновесия в системе ствол скважины – пласт.**

Буровой раствор, находящийся в стволе скважины, оказывает на ее стенки давление, обусловленное силой тяжести. Это давление называется **гидростатическим**.

Жидкости или газы, находящиеся в природных коллекторах, также давят на стенки скважины только со стороны пласта. Так как стенки скважины пористые, обе жидкости соприкасаются друг с другом, поэтому пласт и скважина представляют собой сообщающиеся сосуды.

Если гидростатическое давление бурового раствора будет больше пластового давления, то раствор будет перемещаться в пласт (**поглощение бурового раствора**) и наоборот. Такое перемещение нарушает нормальное бурение скважины.

При быстром перемещении целостность стенок скважины нарушается, что вызывает их обвал. Вытеснение бурового раствора из ствола скважины нарушает равновесие в сообщающихся сосудах. Возникают выбросы нефти, газа и пластовой воды из скважины, часто переходящие в фонтаны (**нефтегазо-водо-проявление**).

Попадание в буровой раствор небольших количеств газа, нефти, пластовой воды ухудшают его качество. В результате раствор не выполняет своих технологических функций.

Таким образом, цель создания **гидростатического равновесия** в системе скважина-пласт заключается в предотвращении перетока жидкости и газа из пласта в скважину и бурового раствора из скважины в пласт.

**Гидродинамическое давление** - это давление столба флюида равное произведению средней плотности флюида на его высоту.

Увеличение давления с увеличением глубины происходит каждые 10 м на 1 кгс/см<sup>2</sup> (1 атм) или 0,1 МПа. В этом случае расчет  $P_{\text{гидрост.}}$  (кгс/см<sup>2</sup> или МПа) представляется следующей формулой:  $P = \rho \times g \times H = \rho \times 0,0098 \times H = 1,0 \rho \times H$  (1)

Поэтому на глубине 1000 м давление столба воды будет равно 100 кгс/см<sup>2</sup> (10 МПа), на глубине 4000 м – 400 кгс/см<sup>2</sup> (40 МПа) и т.д.

Давление, создаваемое всесторонним сжатием горных пород, называется **пластовым** (или поровым). Величина пластового давления находится в прямой зависимости с глубиной залегания пласта. Нормальное  $R_{\text{пл.}} = P_{\text{гидрост.}}$  столба пресной воды с плотностью 1 кгс/см<sup>2</sup>. Отклонения от данного условия характеризуют аномальное пластовое давление.

Давление бывает нормальным для данной глубины, а может быть аномально высоким (АВПД), т.е. значительно выше гидростатического.

Поэтому в том и в другом случае плотность бурового раствора должна быть такой, чтобы давление столба раствора было несколько выше пластового давления и препятствовало перетоку жидкости или газа из пласта в скважину, как при бурении, так и во время СПО. Требуемая величина плотности бурового раствора, в зависимости от пластового давления и глубины залегания пласта, четко регламентируется в проектной документации.

Максимально допустимая репрессия (с учетом гидродинамических потерь) должна исключать возможность гидроразрыва или поглощения бурового раствора.

**- Удержание частиц выбуренной породы и утяжелителя во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции бурового раствора.**

Скорость осаждения частиц в неподвижном растворе зависит от их размеров и форм, разницы плотностей раствора и частицы, вязкости раствора и особенно его тиксотропных (структурных) свойств.

В тиксотропных растворах при прекращении циркуляции образуется достаточно прочная структура, которая препятствует осаждению частиц. Статическое напряжение сдвига буровых растворов меняется в широких пределах и, в большинстве систем растворов легко получить структуру такой величины, при которой частица любой плотности остается во взвешенном состоянии.

**- Создание гидростатического давления на стенки скважины, сложенные слабосцементированными или пластичными породами.**

Плотность также является одним из основных факторов, обеспечивающих устойчивость стенок скважины. С ее увеличением интенсивность осыпей и обвалов ствола, как правило, уменьшается, однако при этом становится все более опасным другой вид осложнений – поглощения бурового раствора. Поэтому на практике для повышения устойчивости стенок скважины регулируют одновременно плотность, показатель фильтрации, соленость бурового раствора с целью уменьшения проникновения фильтрата бурового раствора в поры породы за счет фильтрации, осмоса и др.

**- Уменьшение нагрузки на талевую систему.** Нагрузка на талевую систему (систему канатов, удерживающих колонну бурильных или обсадных труб в скважине) создается весом колонны. Чем глубже скважина, тем длиннее колонна, тем больше эта нагрузка. Уменьшение веса колонны за счет гидростатической потери веса играет значительную роль в снижении износа подъемных сооружений буровой.

**Функции, связанные с процессом коркообразования.**

Буровой раствор, представляющий собой тонкую взвесь коллоидных частиц (твердой фазы) в жидкой среде, в процессе движения в пласт образует на его поверхности и в порах фильтрационную корку, препятствующую или замедляющую дальнейшее поступление раствора. Этот процесс разделения жидкой и твердой фаз, в результате чего происходит **кольматация** (закупоривание) стенок скважины, называется **фильтрацией**. К этой группе функций относятся:

**- Уменьшение проницаемости пористых стенок скважины.** Буровой раствор должен обладать закупоривающими свойствами. Это достигается введением измельченных веществ - наполнителей. Отлагаясь в сужениях трещин, частицы наполнителя создают каркас, на котором осаждается твердая фаза, формируя изоляционные тампоны. Постепенно такие тампоны смыкаются, образуя в поглощающем пласте вокруг скважины водонепроницаемую завесу. Частицы наполнителя должны равномерно распределяться в жидкости, поэтому необходимо, чтобы жидкость обладала определенной структурой, препятствующей осаждению наполнителя. Размеры частиц наполнителя и его концентрация не должны существенно ухудшать работу буровых насосов.

**-Сохранение или усиление связности слабосцементированных пород.**

В верхней части разреза корка консолидирует несцементированные пески и обеспечивает их устойчивость. Одновременно, корка фактически разобщает скважину и проницаемые пласты. Однако при большой величине водоотдачи на стенке скважины образуется толстая фильтрационная корка, что отрицательно влияет на состояние скважины. Во-первых, велика вероятность дифференциального прихвата; во-вторых, на толстую и рыхлую корку, как правило, прилипает шлам, происходит сужение ствола скважины с последующими осложнениями (затяжки, прихваты бурового инструмента при подъеме). Одновременно, при большой величине фильтрации в продуктивный пласт поступает большое количество фильтрата на большую глубину. Это приводит к существенному снижению проницаемости пласта при последующей эксплуатации скважины, поэтому величина фильтрации должна быть как можно меньше. Поэтому жесткое регламентирование этого показателя в программах и проектах вполне обосновано. Наиболее эффективными системами для предупреждения указанных осложнений являются полимерные растворы с низким содержанием твердой фазы.

**- Уменьшение трения бурильных и обсадных труб о стенки скважин.**

Буровой раствор должен обладать смазывающей способностью. Смазывая поверхность труб, опоры долота, гидравлическое оборудование, раствор способствует уменьшению энергетических затрат на бурение, сокращению аварий с бурильными колоннами, что особенно важно при роторном бурении. Поэтому желательно увеличивать содержание смазочных добавок в буровом растворе. Однако при большом содержании этих добавок заметно снижается механическая скорость проходки, особенно при бурении долотами истирающего типа. Следовательно, содержание смазочных добавок в буровом растворе должно быть также оптимальным.

**Физико-химические функции** заключаются в добавлениях к буровому раствору специальных химических реагентов в процессе бурения скважины, которые принято называть **химической обработкой**. К этим функциям относятся:

**- Сохранение связности пород, образующих стенки скважины.** Осыпи и обвалы неустойчивых глин являются основными видами осложнений, возникающих при бурении. Многие скважины не были пробурены до

проектных глубин из-за этих осложнений. Роль буровых растворов в этих условиях трудно переоценить, все зависит от состава и свойств бурового раствора.

**- Предохранение бурового оборудования от коррозии и абразивного износа.**

Установлено, что коррозия является главной причиной повреждения бурильных колонн. К сожалению, в отечественной практике при бурении практически не уделяется внимание коррозии. В мировой практике за коррозией бурильных труб следят при помощи стальных колец, установленных в специальных проточках в муфте бурильного замка. Через определенное время воздействия бурового раствора определяют снижение массы этих колец. Часто выявление вида коррозионного воздействия оказывается более важным, чем контроль потери веса колец.

Вот почему при составлении программ по буровым растворам следует учитывать источники корродирующих веществ, их состав и обязательно включать в состав бурового раствора ингибиторы ожидаемых видов коррозии.

**- Сохранение проницаемости продуктивных горизонтов при их вскрытии.**

Эта функция бурового раствора важна при бурении скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые. В таких скважинах обязательно проводятся исследования по оценке запасов и возможных дебитов скважин. Часть скважин может впоследствии использоваться в качестве эксплуатационных. Так как в процессе фильтрации бурового раствора на поверхности горных пород и в устьевых частях пор и трещин откладывается корка из частиц твердой фазы, продуктивность пласта в прискважинной зоне уменьшается. Это приводит к снижению дебита скважин, искажению подсчетов запасов, неправильной оценке проницаемости горных пород. Причем уменьшение проницаемости прискважинной зоны может оказаться необратимым. Во избежание отрицательного воздействия жидкости на продуктивный пласт корка должна легко разрушаться, а твердые частицы вымываться из каналов фильтрации.

Кроме того, снижение проницаемости призабойной зоны продуктивного пласта возможно вследствие действия фильтрата бурового раствора на глинистый цемент пород коллекторов. Для предотвращения возможных осложнений необходимо использовать буровой раствор, не отфильтровывающий дисперсионную среду в горные породы, слагающие стенки скважины. Это достигается подбором вида твердой фазы бурового раствора и введением специальных компонентов.

Загрязнение продуктивных пластов при бурении - это реальный процесс, в результате которого частично обратимо, а частично необратимо, но существенно снижается проницаемость пластов.

Иногда происходит полная закупорка пласта, и вызвать приток удастся только с помощью специальных методов интенсификации. Мировой наукой и практикой установлено, что все компоненты бурового раствора (твердые и жидкие) активно взаимодействуют с продуктивным пластом.

**- Сохранение необходимых характеристик бурового раствора в процессе бурения скважины.**

В процессе бурения раствор как можно более длительное время должен сохранять предусмотренные проектом технологические свойства. В противном случае он перестанет выполнять необходимые функции, что может привести, с одной стороны, к возникновению осложнений и аварий, а с другой, к необходимости дополнительной его обработки химическими реагентами, что вызывает увеличение стоимости буровых работ.

**- Улучшение буримости твердых пород.**

Облегчение процесса разрушения горных пород на забое может быть осуществлено за счет понижения их твердости. Сущность процесса понижения твердости горных пород заключается в следующем. Горные породы не однородны по прочности, имеют более слабые места в кристаллической решетке, а также микротрещины, пронизывающие кристаллы и расположенные по их границам. Жидкость как внешняя среда активно участвует в процессе механического разрушения горных пород, проникая в глубину деформируемого тела – в зону предразрушения, представляющую собой деформированные слои с повышенной трещиноватостью. Активность жидкости может быть значительно повышена небольшими добавками к ней специальных веществ, получивших название **понижителей твердости**. Воздействие этих веществ на процесс разрушения горных пород основано на усилении физикохимического взаимодействия дисперсионной среды с развивающимися в процессе механического разрушения новыми поверхностями горной породы. Дисперсионная среда бурового раствора с добавленными понижателями твердости, проникая в зону предразрушения и распределяясь по микротрещинам, образует на поверхностях горных пород адсорбционные пленки (сольватные слои). Эти пленки производят расклинивающее действие в зонах, расположенных вблизи поверхности обнажаемых горных пород, вследствие чего создаются лучшие условия их разрушения. Чем сильнее при этом связь смачивающей жидкости с поверхностью тела, тем сильнее расклинивающее действие адсорбционно-сольватных слоев.

В качестве основных понижателей твердости пород используются кальцинированная сода, едкий натр, известь и различные мыла.

Добавление определенных веществ в буровой раствор может привести к адсорбции их в микротрещинах породы и они расширяются и распространяются в глубь породы. Тем самым прочность породы уменьшается. Скорость бурения возрастает. Это явление получило название **«эффекта Ребиндера»**.

К прочим функциям бурового раствора относятся:

**- Установление геологического разреза скважины (по составу шлама).**

При хорошей организации аналитического контроля на скважине циркулирующий буровой раствор несет немаловажную информацию о геологическом разрезе скважины. Источниками информации являются выносимые раствором шлам, газ и флюиды (вода, нефть). Изучение шлама,



изменившегося состава раствора (разгонка) и его фильтрата позволяет определить минералогическую природу разбурываемых пород, тип жидкости или газа, поступивших в состав раствора.

Интерпретация текущей информации, полученной по результатам исследований бурового раствора позволяет соответственно принимать решение и сократить объем и затраты времени на проведение дорогостоящих геофизических работ.

**- Сохранение теплового режима многолетнемерзлых пород.**

Требования, предъявляемые к буровым растворам:

**- Экологическая чистота.** При бурении наклонно-направленных скважин буровой раствор может попадать в водоносные горизонты, в русло рек и разливаться по поверхности в приустьевой зоне. По этой причине (несмотря на мероприятия по предупреждению этих явлений) раствор не должен оказывать губительное влияние на окружающую среду – должен быть экологически безопасным.

**- Экономическая эффективность.** При условии выполнения буровым раствором всех вышеперечисленных функций он должен иметь минимально возможную стоимость. Это обеспечивается оптимальным подбором рецептуры приготовления бурового раствора и применением наиболее дешевых материалов для его производства (без ущерба качеству).

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. М/УК 4277 БУРОВЫЕ И ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ: пособие по одноименной дисциплине для слушателей специальности переподготовки 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заочной формы обучения / Л.К. Бруй. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2017. -99 с.