

- поглощения цементного раствора // Инженер-нефтяник. Москва: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2010. - №4. – С.38-40.
5. Николаев Н.И., Николаева Т.Н., Иванов А.И. Технология ликвидации поглощений бурового раствора при строительстве нефтяных и газовых скважин // Инженер-нефтяник. М.: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2009.-№1. – С. 5-8.
 6. Николаев Н. И., Мелехин А. А. / Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Вип. 14(181). 2011 р. С. 218–221
 7. http://www.neftegas.info/upload/iblock/d6f/16_17.pdf

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД В СТЕНКАХ СКВАЖИНЫ

М.А. Сенченко

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследований по повышению устойчивости стенок скважины в процессе бурения. Показано, что это актуальная проблема, имеющая длительную историю и серьезное значение для буровой отрасли, поскольку невнимательное отношение к ней чревато серьезными авариями. Приведен перечень методов и технологических схем, позволяющих повысить контроль над устойчивостью стенок скважины в процессе бурения.

Abstract. The paper presents the results of research to improve the stability of the walls of the well during drilling. It is shown that this is an urgent problem that has a long history and great importance for the drilling industry as inattention to it is fraught with serious accidents. The list of methods and technological schemes that improve control over the resistance of the walls of the well during drilling.

Решение проблем по обеспечению устойчивости горных пород при бурении скважин ведутся на протяжении долгого времени. Уже в 1934 году Ф. Ф. Лаптев и Б. С. Шаров [6] на основе проведенных исследований делают заключение, что разрушение глинистых пород в стенках скважины происходит в результате капиллярного всасывания воды и неравномерного набухания глин, а это приводит к возникновению внутренних напряжений между набухшей и сухой породой.

А. А. Линеvский считал, что обвалы пород вызvваются проявлениями горного давления. По его мнению, тектоническая нарушенность способствует обвалам, но имеет второстепенное значение. Проявления горного давления в форме обвалов наблюдается при снижении удельного веса или уровня раствора в скважине.

Опытным путем было выявлено, что с увеличением давления скорость фильтрации по всему сечению опытных образцов набухающих глин уменьшалась [8]. Было выдвинуто предложение, что в соответствии с результатами исследований Р.И. Щищенко и А.М. Аванесова, этот факт можно объяснить сжимаемостью глинистой корки под действием давления. Следовательно, повышение устойчивости набухающих глин с увеличением гидравлического давления происходит не только вследствие противодействия напряжениям в стенках скважины, но и в результате замедления процессов физико-химического взаимодействия породы с буровым раствором. Повышение температуры интенсифицирует процесс, усиливает воздействие водных растворов на глинистые породы и увеличивает скорость их обвалообразования [7].

Л. К. Мухин, отмечает, что породы, слагающие стенки скважин, в процессе их вскрытия испытывают высокие напряжения в результате проявления горного давления и изменяют свои свойства под действием буровых растворов. Обработка буровых растворов на водной основе защитными коллоидами и электролитами, активно

взаимодействующими с глинистыми породами, позволяет несколько уменьшить интенсивность осложнений, но не предотвратить их.

В.Д. Городнов, исследуя физико-химические методы предупреждения осложнений в бурении, в качестве основной причины неустойчивого поведения глинистых пород в стенках скважины выделяет набухание. По его мнению, устойчивость малоувлажненных глинистых пород обеспечивается при использовании газообразных агентов и специальных промывочных жидкостей: растворов на нефтяной основе и инертных эмульсий. Среднеувлажненные глинистые породы целесообразно разбуривать с применением растворов, обладающих крепящим действием (гипсовые, хлоркальциевые, малосиликатные и др.) и имеющих минимальную водоотдачу. В сильно-увлажненных глинах наиболее рационально применять утяжеленные растворы с низкой водоотдачей, содержащих в фильтрате химические вещества, способствующие увеличению предельного напряжения сдвига, уменьшению структурно-адсорбционных деформаций.

Но использование тяжелых растворов приводит к увеличению гидродинамических нагрузок на стенки скважины, снижая устойчивость слагающих их горных пород, и есть вероятность гидроразрыва пласта. Кроме того, тяжелые растворы ухудшают работу породоразрушающих инструментов и требуют дополнительных затрат времени и материалов на их приготовление и обработку. Борьба с сужением ствола утяжелением раствора невозможно, если в разрезе скважины имеются поглощающие горизонты. Поэтому к утяжелению бурового раствора как методу управления проявлениями горного давления нужно прибегать только в тех случаях, когда исчерпаны другие возможности.

Большой интерес для понимания процессов в скважине, связанных с неустойчивым поведением пород, представляют исследования осмотических явлений в системе «скважина - околоскважинная зона».

Методика определения и прогнозирования проявлений осмоса в скважинах изложена в работе С.М. Гамзатова. Характер действия осмоса на устойчивость пород в стенках скважины зависит от коэффициента минерализации в пристволенной зоне α , представляющий собой отношение минерализации пластовой (поровой) воды C_n к минерализации фильтрата бурового раствора C_p :

$$\alpha = \frac{C_n}{C_p} \quad (1)$$

Из сущности осмотических процессов следует, что при $\alpha = 1$ в пристволенной зоне должно наступить осмотическое равновесие; если $\alpha > 1$, должен происходить переток воды из скважины в породу, а при $\alpha < 1$ в противоположном направлении.

Следовательно, когда $\alpha > 1$, будет происходить дополнительное увлажнение глинистых пород и, как следствие, их разупрочнение. При $\alpha < 1$ возможно при наличии полупроницаемой перегородки обезвоживание и уплотнение пород, что будет способствовать повышению их устойчивости.

При рассмотрении механизма проявления осмоса С. М. Гамзатов в околоскважинной зоне выделяет три слоя:

Первый слой взаимодействует непосредственно со всеми компонентами бурового раствора, находящимися в диссоциированном состоянии в дисперсной среде, а также с частицами дисперсной фазы, имеющими размеры, сопоставимые с размерами поровых каналов. Толщина этого слоя может колебаться от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

Второй слой не вступает во взаимодействие со многими компонентами бурового раствора. Толщина его может достигать нескольких десятков сантиметров. Между

породой и дисперсионной средой бурового раствора в этом слое могут идти диффузионные и осмотические процессы.

В третьем слое порода сохраняет свои естественные свойства в течение всего периода бурения. Она не вступает ни в какое взаимодействие с буровым раствором [1].

В связи с изложенным ценными являются способы, позволяющие осуществлять нормальную проводку скважины с применением буровых растворов, плотность которых регламентируется только пластовыми давлениями. При этом в первую очередь должны быть использованы физико-химические факторы воздействия на породу и развитие предельной области, т.е. выбран определенный тип бурового раствора с минимальным разупрочняющим действием, позволяющий сформировать около скважины защитную оболочку (зону динамического равновесия).

Одним из перспективных направлений поддержания устойчивости пород в стенках скважины является управляемое кольматирование. Были проведены исследования по определению возможностей и перспективы применения этого метода с учетом напряженно-деформированного состояния горных пород, их прочностных и фильтрационных характеристик [3].

В результате управляемого кольматирования создается слой в горной породе, обладающий пониженными фильтрационными и повышенными прочностными свойствами. Такой «экран» позволяет ограничить число факторов, влияющих на снижение устойчивости ствола скважины, в частности, в какой-то степени исключить физико-химическое взаимодействие горных пород с буровыми растворами. Одним из способов формирования экранизирующего слоя является способ целенаправленного воздействия струи бурового раствора на стенку скважины [3].

Создание защитного слоя (экрана) достигается применением целенаправленной управляемой струйной обработки стенок скважин, в результате которой происходит кольматирование горных пород. «Упрочнение» пород происходит вследствие закупоривания фильтрационных путей (трещин) и пор частицами твердой фазы бурового раствора [5].

По вопросу обработки (кольматации) стенок скважины были проанализированы известные технические решения, у которых было выявлено ряд недостатков, таких как неравномерная обработка стенки скважины, ведущая к появлению участков повышенной проницаемости и снижению изолирующих свойств кольматированного слоя горной породы.

При воздействии на стенку скважины сближающимися струями было предложено использовать струи разной интенсивности - разной скорости истечения из насадок (рисунок 1) и направлять их таким образом, чтобы точки пересечения осей струй со стенкой располагались одна за другой в порядке убывания интенсивности по следу струи наибольшей интенсивности. Были рассмотрены два варианта. В первом варианте, по крайней мере, две точки, расположенные по следу струи наибольшей интенсивности, смещают в разные стороны от оси этого следа. В другом варианте используют две струи максимальной интенсивности и направляют их таким образом, чтобы точка пересечения одной из струй со стенкой была смещена относительно оси следа другой [2].

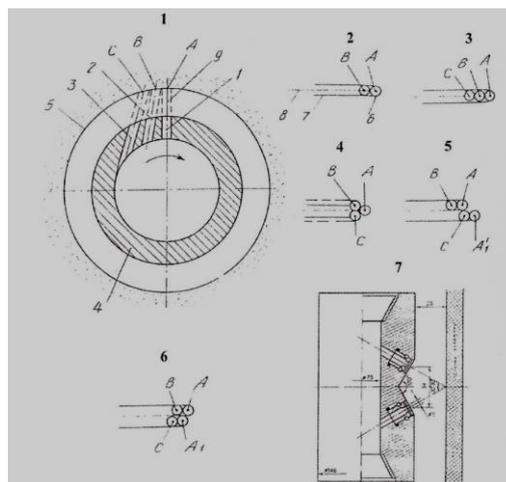


Рис. 1. Схема управляемого кольматирования стенок скважины: 1 - кольматор, поперечный разрез; 2-4 - линейное размещение точек пересечения осей струй с поверхностью стенки скважины; 5 и 6 - схема размещения точек при использовании двух струй максимальной интенсивности

Такие новые технологические приемы в каждой обрабатываемой точке поверхности скважины обеспечивают плавное падение давления, а не его скачок. Реакция стенки снижается. Стенка деформируется, в основном, в сторону ее механического уплотнения. Предотвращается откол породы и увеличивается время действия струй, т.е. время насыщения стенки глинистыми частицами, и улучшаются, таким образом, условия для этого процесса. Этому же способствует и снижение реакции стенки, предотвращение откола частиц породы. Расширяется зона воздействия струй на стенку. Что еще больше повышает равномерность ее обработки, следовательно, и качество этой обработки.

Кольматор представляет собой комплект гидромониторных насадок 1, 2 и 3, установленных, например, в наддолотном переводнике 4 (для упрощения показаны только отверстия насадок). Насадки рассчитаны на различную интенсивность струй. Наибольшая интенсивность - у насадки 1. Это легко может обеспечиваться, например, различной формой или длиной их каналов. Насадки могут располагаться как в одной плоскости, например, в плоскости поперечного сечения кольматора (вид 1), так и быть смещенными по высоте. Насадки устанавливаются таким образом, что оси их сближаются у стенки 5, не пересекаясь. Оси пересекаются со стенкой в точках, размещенных одна за другой по мере убывания интенсивности струй, подаваемых через насадки, за точкой оси насадки наиболее интенсивной струи. Для удобства ориентации осей и оптимизации процесса кольматации насадки могут быть регулируемы по положению их осей. Варианты направлений осей насадок демонстрируют точки А, А₁, В и С пересечения осей со стенкой 5 скважины. А и А₁ — точки осей насадок струй максимальной интенсивности, точки В и С - от осей насадок струй меньшей интенсивности. Каждая точка показана в центре зоны 6 (вид 2) взаимодействия кольматирующих струй, подаваемых через насадки, со стенкой 5 скважины. В этом взаимодействии образуется след 7 с осью 8 от струи 9 максимальной интенсивности.

При лабораторных экспериментах регулировали положение и направление насадок (вид 2, 3). В точку А направляли струю максимальной интенсивности. В точки В и С - струи меньшей интенсивности. В процессе вращения кольматора (по стрелке на рисунке) каждая точка обрабатываемой поверхности (стенки скважины) вначале

попадала под струю 9 (вид 2 с осью в точке А), воспринимала ее механическое ударное действие и отбирала глинистые частицы от струи. После прохода точки А оси этой струи обрабатываемая поверхность попадала под действие струй меньшей интенсивности (точки В и С). Это уменьшало упругую реакцию поверхности (стенки), уменьшало растягивающие напряжения, обусловленные снижением давления после воздействия струи максимальной интенсивности. Она уплотнялась, а прочность кольматированного слоя значительно возрастала. Одновременно увеличивалось время насыщения поверхности глинистыми частицами, что еще больше повышало качество обработки [2]. При дальнейших экспериментах оси насадок разместили таким образом (вид 4), что струи меньшей интенсивности подавали в точки В и С, смещенные относительно оси следа струи 9 максимальной интенсивности. Это расширило полосу взаимодействия струй со стенкой скважины, т.к. эта полоса (показана пунктиром) шире следа струи, проходящей через насадку 1. Эксперименты показали, что если мощность бурового насоса достаточна, возможно использование одновременно двух струй максимальной интенсивности (вид 5, 6 точка А и А₁) в сочетании со следующими за ними струями меньшей интенсивности (точки В и С). При этом интенсивность каждой струи (точки А и А₁) может быть меньше интенсивности аналогичной струи (вид 1, 2), но возрастает равномерность обработки стенки, а в результате и кольматационный эффект [1].

Использование данного способа позволило снизить проницаемость скважин при бурении на нефть и газ, уменьшить поглощение бурового раствора стенками скважины, предотвратить осложнения при бурении и увеличить нефте- и газоотдачу пласта.

На основе полученных зависимостей были выполнены расчеты и построена номограмма, которая позволяет оперативно проектировать технологические параметры струйной обработки для конкретных условий (рисунок 2).

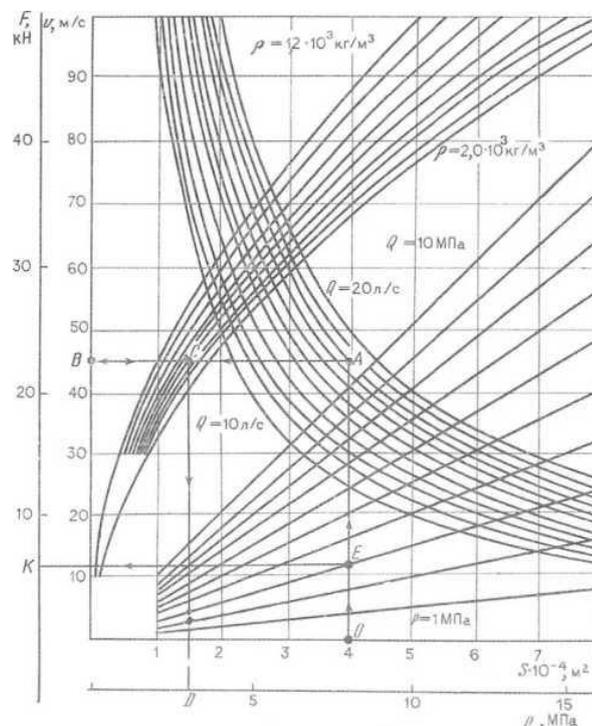


Рис. 2. Номограмма для расчета параметров струи

Реализация технологии по повышению устойчивости горных пород позволяет упростить конструкцию скважины, предотвратить осложнения, связанные с устойчивостью стенок скважины, бурить в режиме равновесия или в депрессионном режиме, повысить скорость проходки и качество вскрытия продуктивных горизонтов.

Значительное преимущество метода струйной обработки - совмещение с основным технологическим процессом бурения, кроме того, он не требует дополнительных затрат времени и средств и легко реализуется на практике [4].

Таким образом, даже далеко неполный перечень выполненных исследований позволяет сделать вывод о том, насколько сложная научно-техническая проблема стоит перед наукой и практикой бурения скважин на нефть и газ в районах, характеризующихся тяжелыми формами проявлений горного давления. Эти работы стали тем фундаментом, благодаря которому имеются более или менее ясные, хотя в большинстве своем качественные, представления о процессах и явлениях, происходящих в околоскважинной зоне при вскрытии горного массива. По крайней мере, понятно, что бороться с неустойчивостью слабых горных пород в стенках скважины необходимо, не только выбирая соответствующие технологические параметры буровых растворов, но и регулируя физико-химические процессы их взаимодействия с породами в призабойной области.

Литература:

1. Гамзатов С.М. Методика определения и прогнозирования осмотических явлений в скважинах//Бурение. – 1973. - №10
2. Киреев А.М. Особенности управления проявлениями горного давления при вызове и интенсификации притоков в сложных горно-геологических условиях//Бюллетень БГА. – 2001. - №1 (5).
3. Киреев А.М. Разработка и исследование технологий и технических средств управления горным давлением при строительстве скважин: Дис. канд. техн. наук; 25.00.15 – Защищена 13.12.2002; Утв. 14.02.2003; 088480 – М.,2003
4. Киреев А.М., Войтенко В.С. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин: Монография. Том 1. – Тюмень: Издательско-полиграфический центр «Экспресс». 2006. – 280с.
5. Кравченко Б.И. Современные методические приемы и технические решения при заканчивании скважин в условиях деформации и кольматации фильтрационных путей/ Б.И. Кравченко, А.М. Киреев//Бюллетень БГА. – Минск. – 2001.№1(5).
6. Лаптев Ф.Ф. Взаимодействие растворов силиката натрия с глинами//Борьба с отвалами при бурении нефтяных скважин. – ОНТИ НКТП СССР, 1973
7. Леонидов В.И. Влияние давления и температуры на взаимодействие промысловых жидкостей с шлинистыми породами//Нефть и газ: Изв. высш. учеб. заведений.-1962.-№5
8. Лопатин В.А. Влияние гидравлического давления на устойчивость глинистых пород при бурении скважин//Нефть и газ: Изв. высш. учеб. заведений. – 1964. №7.