

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРЕПЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Мурзабеков Т.К., Нуменов Д.К., Мурзабеков А.Т., Мурзабеков Е.Т.

Мақалада ұңғының көлбеу бағытта қазылған мұнайлы қабатта діңгек қуысын шегендеу сұйығымен толтыруға портланд цементке әйнекпен істелген шармен толтыру, өнімсіз қабаттарды цементке әйнек ұнтағын қосу арқылы қабаттың өткізгіштік қасиеттерін тиімді өзгерту мүмкіндіктері дәлелденген.

The cement slurry composition on the basis of the Portland – cement suggested by authors and using glass balls for mounting of the deep horizontal wells with high bottom temperature and pressure. Composition on the basis of Portland-cement provide strength, impermeability of cement stone and glass balls provide the best access of product stream from well.

Существует несколько способов заканчивания горизонтальных скважин (ГС):

1) открытый ствол, 2) спуск хвостовика с заранее созданными круглыми или щелевидными отверстиями, 3) установка затрубных пакеров, расширяющихся при заполнении флюидами или цементным раствором, 4) обсаженный ствол с цементированием обсадной колонны или хвостовика применяется, если пласт сложен неустойчивыми породами, а при эксплуатации планируется обработки призабойной зоны пласта. Эксплуатационные колонны горизонтальных скважин (ГС) спускаются в скважину в виде фильтров (щелевые и с просверленными отверстиями, внутрь которых заполняется магнием и др.). В тех случаях, когда хвостовики цементируются, это делается для того, чтобы: 1) обеспечить разобщение разных зон, 2) изолировать одну жидкость от другой на их контакте, 3) избирательно возбудить приток на участке с большим углом в горизонтальном участке[1].

В связи с этим цементирование затрубного пространства ГС во многих случаях является трудоемкой и не желательной операцией, так как в последствии засоряется фильтр и загрязняется продуктивный пласт и тем самым уменьшается приток из пласта.

В работе [2] даны рекомендации по соотношению диаметров горизонтального ствола и обсадных колонн. Для вертикальных скважин рекомендуется оптимальный кольцевой зазор, равный 19 мм (например, 140-мм хвостовик и 178-мм ствол). В горизонтальных стволах рекомендуется увеличенный зазор - не менее 38 мм (127-мм хвостовик и 216-мм ствол). При

этом авторы утверждают, что в нормальных условиях будет обеспечена достаточная площадь поперечного сечения для вытеснения бурового раствора. Приведенные рекомендации могут приниматься во внимание на практике, но с учетом особенностей проводки горизонтального ствола, центровки колонны, реологических свойств применяемых буровых растворов.

В работе [3] отмечается, что если при креплении горизонтального ствола применять тампонажный портландцемент согласно ГОСТ 1581-96 с водоотделением 7,5 мл (3-4 %), то в стволе диаметром 215,9 мм и обсадной колонне диаметром 140 мм могут образовываться участки высотой до 7 мм и шириной до 70 мм. Для предотвращения этого явления цементный раствор должен быть обработан полимерами типа КМЦ, набухающими полимерными добавками, обеспечивающими повышенные тиксотропные свойства [2,3]. Однако применение даже обработанных цементных растворов не всегда дает положительные результаты. Чем длиннее горизонтальный ствол, тем сложнее провести в нем качественное крепление обсадных колонн.

По данным американского исследователя А.Д.Лемонза при вводе в буровой раствор стеклянных гранул размером 0,4-0,8 мм и более образуется как бы «шарикоподшипниковый» контакт буровой колонны со стенкой, что довольно заметно снижает силу трения указанной пары и усилия крутящего момента на роторе, оказывает кольматирующая способность плотно блокируя входные каналы пласта в момент вскрытия продуктивных пластов [6].

Наиболее эффективным средством для снижения проницаемости и прочности портландцементного камня при высоких температурах и пластовых давлениях в не продуктивной зоне скважин является ввод в качестве наполнителя к стеклянной пульпе измельченного до удельной поверхности используемого портландцемента, предложенная профессором Мурзабековым Т.К. [8,9].

Стеклянная пульпа занимаемая до 30 процентов объема в тампонажном растворе сокращает общее водоцементное отношение, при твердении цементного камня повышает реакционную устойчивость к соляно-кислотным обработкам, активно взаимодействуя с составляющими цемента, предотвращает седиментационного расслоения цементного раствора и это препятствует агрессии высокоминерализованных пластовых вод и воздействию забойной температуры.

Благодаря к пониженному коэффициенту трения (скольжения) стекла по металлу, чем кварцевый песок, поток тампонажного раствора легко закачивается по внутри обсадной колонны и по лабиринтам кольцевого пространства, твердость стекла больше чем у кварцевого песка, естественно это положительно влияет на прочность цементного камня, сплошность стекла обеспечивает блокировку трещин, зазоров в пласте и это поможет свести до минимума процесса поглощение тампонажного раствора.

В скважинах, в которых эксплуатационная колонна к горизонтальному стволу подведена через карбонатные породы и в этом интервале наклона ствола

угол увеличивался до 90°, качество цементирования, как правило, пониженное, прежде всего за счет того, что при использовании цементного раствора проявляется эффект Бойкота в наклонном стволе. Он заключается в том, что после остановки прокачки раствора тяжелые частицы шлама с цементом опускаются на нижнюю стенку, выталкивая более легкую фракцию вверх. Образовавшийся на нижней стенке осадок из тяжелой фракции скользит по ней. Согласно этой схеме верх наклонного ствола на большей длине может быть заполнен малопрочным гелем цементного раствора, который при небольшом дисбалансе пластовых давлений, «наведенных» по линзам - прослоям одного и того же пласта, будет превращаться в канал перетока флюидов.

Эффект Бойкота определяется снижением времени осаждения твердой фазы в наклонно направленном стволе пропорционально спуску угла наклона

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{H}{D} \sin \alpha \quad , \quad (1)$$

где t_1 , t_2 - время осаждения в цилиндре суспензии соответственно в вертикальном и наклонно направленном стволе; H - высота; D - диаметр цилиндра; α - угол наклона ствола.

Как видно из соотношения, чем больше диаметр ствола и меньше длина участка ствола с резким изменением угла наклона, тем быстрее будет происходить осаждение шлама и частиц твердой фазы на нижнюю наклонную стенку. Эта ситуация резко усугубляется, если в процессе бурения интервала с набором кривизны встречаются участки породы высокой проницаемости. При цементировании в приствольной части этих участков образуется некоторый «упругий» запас отфильтрованной жидкости затворения. Он становится катализатором перетока жидкости и возникновения сообщающихся каналов.

Крепление горизонтальных стволов, проведенных по нефтяному пласту, имеет следующие особенности: 1) ствол проводят по пласту стремясь выдержать направление и пространственное положение относительно кровли и подошвы пласта, 2) - стволы, проведенные более чем на 100 - 500 м по простиранию пласта, часто вскрывают неоднородные объекты разной проницаемости, различающиеся по литологии, 3) по сравнению с вертикальными скважинами горизонтальный ствол бурится намного дольше, при этом приствольная часть подвергается большим технологическим нагрузкам, 4) исследования на гидродинамическом стенде - в горизонтальной скважине- показали, что течение в них жидкостей осложнено застойными зонами в местах перегиба ствола, изменениями состава жидкости по вертикали за счет гравитационного расслоения фаз (газ, вода, нефть), 5) в интервале перфорации наблюдается интенсивное перемешивание слоев; при наличии свободного газа течение потока сопровождается возникновением местных вихрей [4], 6) при остановках бурения и вызове циркуляции жидкость, заполняющая горизонтальный ствол, становится неоднородной, резко меняет фильтрационные свойства.

Все перечисленные особенности при креплении горизонтального ствола обычными цементными растворами проявляются в приствольной части каждого интервала разной проницаемости в виде некоторого «наведенного» и разного по

величине гидронапряжения. При бурении ствола по нефтяному пласту с частичным обводнением переход к равновесию между интервалами, различающимися неоднородностью, приводит к их взаимодействию. Это может особенно сказываться, если горизонтальный ствол вскрыл последовательно несколько линз и его длина большая, что влияет на «насыщенность» их промывочной жидкостью или остаточной водой.

Сложность крепления горизонтального ствола заключается также в том, что толщина крепежного кольца в таких или боковых стволах небольшая. Обсадные колонны спускаются с небольшим числом центрирующих устройств и чаще «жесткого» типа, что также уменьшает зазор между колонной и нижней стенкой скважины. Появляющийся эксцентриситет дополнительно ухудшает качество крепления, прежде всего препятствует созданию равномерного центричного кольца из изоляционного материала между обсадной колонной и стволом. Из-за этого в заколонном пространстве остается значительное количество раствора со шламом на нижней стенке горизонтального ствола, несмотря на то, что при креплении колонн цементным раствором избыточный его объем достигает 20 - 30%.

В настоящее время в горизонтальном стволе часто проводят гидроразрывы, компенсируя «потерянную» продуктивность скважины при бурении и цементировании. Однако в таких случаях гидроразрывы, возможно, происходят поинтервально там, где при цементировании создавалось неравномерное кольцо за колонной.

Учитывая изложенные факторы что при заканчивании вертикальных, наклонно направленных и горизонтальных скважин для разобщения только продуктивных горизонтов использовать комбинированный раствор, состоящая отдельно из жидкости со стеклянными шарами- для закачки продуктивную зону эксплуатируемого горизонта и отдельной порции цементного раствора со стеклянной пульпой выше и ниже в пласт-коллектора в непроницаемые зоны.

В патентных и научно-технических литературных источниках не встречается какое-либо решение очистки кольцевого пространства за нецементируемым фильтром от заилевших песчаных накоплений резко снижающих дебит скважины, особенно за период глубиннонасосной эксплуатации скважины. По-видимому, это объясняется тем, что малые размеры щелевых отверстий фильтра не дает возможность проведения эффективной очистки кольцевого пространства за фильтром. После промывки скважины с очисткой внутренней полости существующих фильтров от песчаных накоплений и пробок, в затрубном пространстве за фильтром оставались заилевших песчаных накоплении оказывающих сопротивление фильтрации нефти из пласта в скважину.

Проявление песка в продукции скважин способствовало заклиниванию плунжера глубинного насоса, абразивному износу трущейся пары «плунжер-насос», клапаном, а также периодическому образованию песчаных пробок на

забое скважины. Указанные факторы отрицательно влияют на стабильную работу глубинного насоса и приводят к снижению объема добываемой нефти.

Типы конструкций забоев скважин, отечественный опыт по методам и способам предотвращения выноса песка приведены в рис.1,2 [5].

При спуске скважинных фильтров на большую длину в горизонтальной части возможен изгиб, потеря прямолинейности, в процессе извлечения и добычи УВ-сырья – обрушение кровли стенок ствола, неравномерное проседание грунта из-под дна обсадной трубы и колонны из-за тектонических, сейсмических нарушений, подвижки грунтов, которые вследствие могут привести к прогибу и тем самым к нарушению целостности по длине горизонтальной части эксплуатационной колонны и скважины в целом.

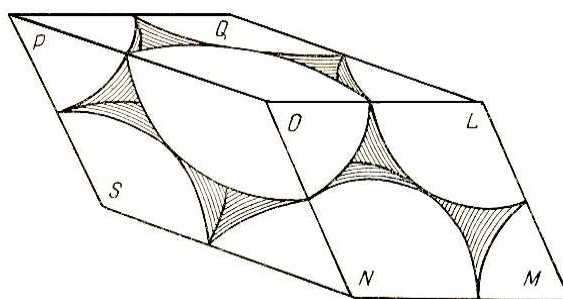


Рис.8. Основная модель фиктивного грунта по Слихтеру

Для обеспечения и придания жесткости к колонне ГС и улучшения ее эксплуатационных качеств предлагается новый способ крепления эксплуатационной колонны – фильтров ГС – путем заполнения под давлением кольцевого пространства со стеклянными шарами диаметром 8-10 мм, изготовленных из известково-натриевого стекла, обладающих высокой статической прочностью (300-320 МПа). Для этого вовнутрь заводского фильтра заранее одеваются алюминиевая труба толщиной стенки 3-5 мм, закрепляемое на шурупах.

Стеклянные шарики $D_{ш} > (d_{щелл})$ прокачиваются вместе с промывочной жидкостью и после окончания заполнения кольцевого пространства со стеклянными шариками в кольцевое пространство под давлением $P=0,9P_{гр}$, затем алюминиевая труба, которая является вкладышем, пробуривается с забойным фрезером и размывается специальным раствором, который разлагает алюминий в порошок. (Рис.6,7).

Раствор $CaCl_2$ содержащая стеклянные шарики диаметром строго по 10-12 мм, проходя по перекрытым дыр и щелей в фильтре, через башмак эксплуатационной колонны ГС постепенно, ступенчато удерживается сеткой (Рис.3,4,5) в кольцевом пространстве прочно заполняя все пространство наружной стенкой обсадных труб и внутренней стенкой эксплуатационной колонны – хвостовика. К правильному, полному заполнению кольцевого пространства с шарами способствуют фонари и центраторы. Сетки для удержания шаров изготавливаются из сложенных в два-три слоя отработанных сеток вибросит, которое закрепляется на фильтрах хомутами, изготовленными

из полосовой стали толщиной 2 мм. Затем хомуты привариваются прерывистым швом, после чего отрезаются стягивающие концы хомута вместе со стяжными болтами.

Стеклянные шарики заполняющие кольцевое пространство висячем состоянии будут служить надежным заслоном от пескопроявления, т.к. по мере загрязнения она легко промывается кислотной обработкой, поскольку стекло устойчив и выдерживает кислотно-щелочную агрессию.

При наличии шаров с одинаковыми диаметрами величина просветности n зависит от взаимного расположения соприкасающихся шаров.

вершинах ромбоэдра, каждая грань которого представляет собой ромб /см. рис.8/.

Общий объем пор или каналов заключенных в конфигурации стеклянных шаров если представим что центры каждого восьми соприкасающихся шаров расположены в

Сумма площади частей кругов, находящихся внутри ромба равна

$$S_2 = \pi \frac{d^2}{4}, \quad (2)$$

Площадь ромба равна $S_1 = d^2 \sin \Theta,$ (3)

то площадь $S = S_1 - S_2 = d^2 \sin \Theta - \frac{\pi d^2}{4} = d^2 \left(\sin \Theta - \frac{\pi}{4} \right),$ (4)

Коэффициент просветности n характеризует величину живого сечения коллектора через которое происходит фильтрация $n =$

$$1 - \frac{S_2}{S_1} = 1 - \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{d^2 \sin \Theta} = 1 - \frac{\pi}{4 \sin \Theta}, \quad (5)$$

Величина просветности n для предельных значений угла Θ , из которого образованы грани ромбоэдра, изменяется в пределах от 90° до 60° , получим преобразовав формулу Слихтера [6] при $\Theta=60^\circ$ $n=0,931$; при $\Theta=90^\circ$ $n=0,2146$.

Отсюда следует $0,931 \leq n \leq 0,2146$ т.е. коэффициент просветности n численно равно коэффициенту пористости m .

Если процесс засорения межстеклянного просвета - живой сечении коллектора, можно устранить путем промывки и кислотной обработкой, то восполнение потерь объема и необходимого количества стеклянных шаров в кольцевом заколонном пространстве, то она устраняется путем установки вновь (повторно) вовнутрь фильтра экспандируемых профильных труб для перекрытия щелей или отверстия забойного фильтра и с повторением цикла закачки расчетного объема технологической жидкости с шарами и возобновлением разбурочных работ профильных труб.

Изготовление в промышленном масштабе стеклянных шариков с полостью с заполненными газами(азот) или со сквозными диаметральными отверстиями типа бус техническую проблему не представляют.

Данная технология позволяет решить проблемы увеличения нефтеотдачи пласта при бурении и заканчивании глубоких горизонтальных эксплуатационных скважин на впади-не Карагие на месторождениях Атамбай-Сартобе, Северное Карагие, Алатобе, Ащиагар, Придорожное, Южный Жетыбай, Бурмаша, Оймаша, Кариман, Эмир, Долинная, Борлы и др, где единственная нефтяная залежь мощностью не более 20 метров приурочена к подошве вулканогенно-теригенной толще верхнего триаса в интервалах 3650-4100метров, взамен практики проводки многочисленных вертикальных скважин[8].

Литература:

1. Бурение и заканчивание горизонтальных скважин. Актау, АктГУ, Учебное пособие, 2002.-365с.
2. Белорусов Г.А., Скориков Б.М., Майгуров И.В. Особенности крепления наклонно-направленных и горизонтальных столов. В сб. «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море» –2007. - № 4.
3. Курочкин Б.М. Применение цементного раствора с высокой тиксотропией при ремонте скважин// НХ. –2001. - № 6. – 300-33.
4. Ярулин Р.К. Гидродинамический стенд для изучения особенности потоков в ГС// НТЖ «Каротаж-ник», 2004 - № 4.
5. Степанянц А.К. Вскрытие продуктивных пластов. М.; Недра, 1968. – с.53-55.
6. Алекперов В.Т. и др. Результаты испытаний стеклогранул в качестве добавок к буровому раствору с целью предупреждения прихватов. ЭИ серия: Техника и технология бурения скважин /Отечественный опыт/ М., ВНИИОУиЭНГП, №10-1988,-с.14-17.
7. Мурзабеков Т.К. Новая технология цементирования скважин и устройства Актау, АктГУ, Вестник АктГУ №2(04)-2003, с. 85-95.
8. Мурзабеков Т.К., Геймаш Г.И., Мурзабеков А.Т., Мурзабеков Е.Т. Методика крепления скважин с высокой забойной температурой и давлением. Актау, МИ «Болашак», Ж-л: «Наука и жизнь» №1-2007., с.47-50.

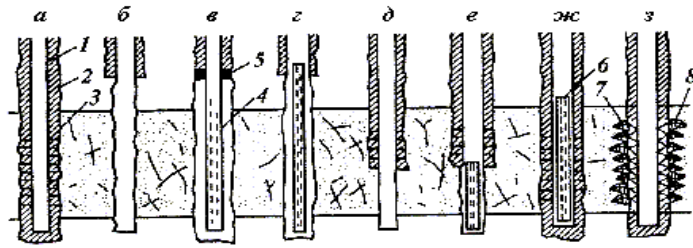


Рис. 1. Типы конструкций (а-з) забоев скважин:
 1-эксплуатационная колонна; 2-цементное кольцо; 3-перфорационные отверстия;
 4-перфорированный (на поверхности) фильтр; 5-лакер типа ПДМ конструкции ВНИИЕТ;
 5-забойный фильтр; 7-зона разрушения в слабоцементированном пласте; 8-проницаемый
 тампонажный материал.

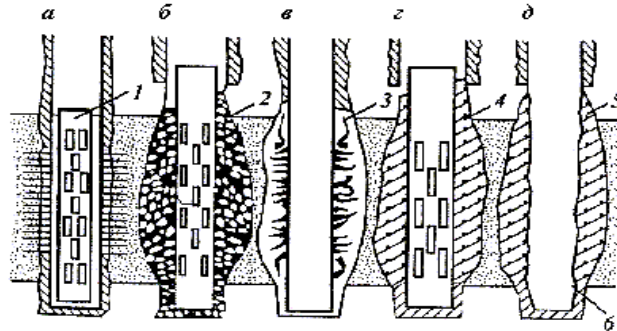


Рис. 2. Конструкции забоев (а-д) скважин, предотвращение взноса песка:
 1,2-забойный и гравийный фильтры; 3-центратор; 4-расширенная часть ствола
 скважины; 5-трощаемый тампонажный состав; 6-открытая поверхность
 искусственного фильтра.

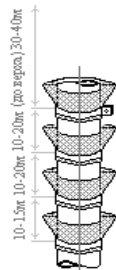


Рис. 4. Схема расстановки
 сегментных воронковок на хвостовике

Рис. 3. Новая схема крепления фильтра с стеклянными шариками

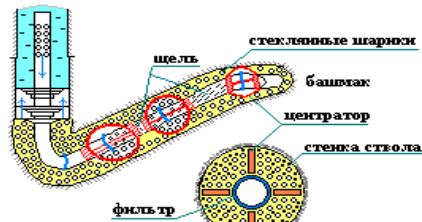


Рис. 5. Крепление фильтра
 со стеклянными шариками

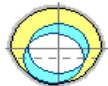


Рис. 6. Изгиб фильтра при
 обычном способе крепления

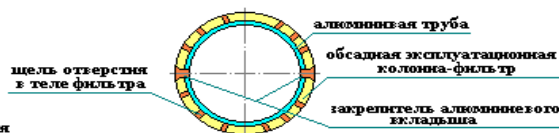


Рис. 7. Установка алюминиевого вкладыша внутри фильтра