

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

ЛИКВИДАЦИЯ СКВАЖИН ПУТЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТИЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Скоков Вячеслав Владимирович, ведущий инженер, ООО «Газпром добыча Астрахань» (ИТЦ), 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Савушкина, 61а, e-mail: vvskokov@yandex.ru

Основной задачей ликвидации является повышение безопасности выполнивших свое назначение скважин. В процессе ликвидации скважин одной из главных проблем является обеспечение герметичности конструкции скважин. Нарушение герметичности может быть вызвано многими причинами: низкой эффективностью применяемых технологий крепления скважин; отсутствием тампонажных материалов, позволяющих обеспечить длительную герметичность цемента между колоннами и горной породой; частые опрессовки эксплуатационной колонны и цементных мостов; кислотные обработки продуктивного горизонта; старение цементного камня во времени; влияние агрессивной среды (сероводорода и т.д.). Негативное влияние на крепление обсадных колонн (разрушение цемента между колоннами и горной породой) оказывают частые пуски скважины в эксплуатацию и ее закрытие, неизбежные при эксплуатации. При работе скважины обсадные колонны прогреваются, что приводит к термическому расширению как по длине колонн, так и в диаметре, а при остановке происходит обратное – охлаждение и сужение колонн. Кроме этого, негативное воздействие на крепление ствола скважины оказывают вибрационное поле, появляющееся при продвижении газожидкостного потока из продуктивного горизонта к устью, сейсмическое воздействие земной коры и аномальные геодинамические процессы. Все это приводит к нарушению целостности и растрескиванию цементного камня, появлению каналов, способствующих фильтрации флюидов (газа, нефти, воды, рапы) из пластов с аномально высоким пластовым давлением в пласты с меньшим давлением. При этом возникают межпластовые перетоки, межколонные давления и микрогрифоны вокруг устья скважины. В данной статье рассматривается вопрос влияния температуры, влажности и примесей на прочность пластичных пород (соли). Установлена пропорциональная зависимость скорости затекания солей от деформации ствола скважины. Рассмотрена возможность усовершенствования технологии ликвидации скважин за счёт применения термического воздействия на призабойную зону в интервале вырезки части обсадной колонны (колонн).

Ключевые слова: боковое горное давление, текучесть солей, пластичность пород, термическое воздействие, призабойная зона, физико-механические свойства, критическая температура, ликвидация скважины, прочность, вырезка обсадной колонны

LIQUIDATION OF WELLS BY THERMAL IMPACT ON THE PLASTIC ROCKS

Skokov Vyacheslav V., Leading Engineer, Ltd "Gazprom Mining Astrakhan" (ITC), 61a Savushkin st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: vvskokov@yandex.ru

The main objective of elimination is increase of safety of the wells which executed the appointment. In the course of elimination of wells of one of the major problems assurance tightness of a design of wells and space between rock is. Emergence not of tightness can be

caused by many reasons, including: low efficiency of the applied technologies of fastening of wells; lack of the bridging materials capable to provide long-term tightness of cement between columns and rock; frequent pressure testings of an operational column and cement bridges; Acid treatments of productive horizon; aging of a cement stone temporally; influence of hostile environment (hydrogen sulfide, etc.). Negative influence on fastening of upsetting columns (destruction of cement between columns and rock) is rendered by frequent start-up of a well in operation and its closing, inevitable at operation. During the work of well upsetting columns get warm that leads to thermal expansion both on length of columns, and in the diameter, and at a stop there is the return – cooling and narrowing of columns. Besides, negative impact on timbering of a well render the constant vibration field arising at the movement of a gas-liquid stream from productive layer to the mouth, seismic influence of Earth's crust and abnormal geodynamic processes. All this leads to deformation and cracking of a cement stone, emergence of the channels promoting a filtration of fluids (gas, oil, water, a brine) from layers with in layers with smaller pressure. There are cross-flows, intercolumned pressure and microgriffins round the mouth of a well. In this article is considered the question of influence of temperature on durability of plastic breeds (salt). Set a proportional dependence of the rate of salts flowing deformation shaft wells. The possibility of improving the technology of well abandonment through the use of thermal effects on the bottom zone in the range of the notch of the casing (columns).

Keywords: lateral mountain pressure, plasticity of breeds, flow salts resistance borehole walls, thermal impact, bottom zone, physical and mechanical properties, critical temperature, elimination of wells, strength, cutting the casing

Применение известной технологии (описанной ниже) ликвидации скважин возможно на месторождениях с солянокупольной структурой, расположенной выше продуктивного горизонта. В скважине, имеющей межпластовые перетоки или подлежащей ликвидации с источником межколонного давления, выполняется диагностика технического состояния объекта, и выявляются все потенциальные источники межколонных перетоков и межколонных давлений в ее разрезе.

Далее в разрезе выявляются интервалы пластичных пород (солей, межсолевых глины) по значению изменения бокового горного давления, действующего в условиях сниженного гидростатического давления в заколонном пространстве по скорости продольных и поперечных волн акустического каротажа. Могут использоваться также выявленные в процессе бурения интервалы пластичных пород (текучести соли) по данным деформации (сужения) ствола скважины при проведении геофизических исследований и сопоставлении диаметров между первым и контрольным замерами (при их проведении). Косвенным признаком пластичной деформации является повышение содержания солей магния в каменной соли. Такие соли обладают повышенной текучестью. Повышенное содержание солей магния может быть выявлено в процессе бурения, путем контроля содержания ионов магния в фильтрате бурового раствора. Увеличение содержания ионов магния в фильтрате бурового раствора свидетельствует о повышении содержания солей магния в каменной соли [4, 7, 14].

В непосредственной близости к продуктивному горизонту в вышележающих пластичных породах (солях, межсолевых глинах), для создания естественной флюидоупорной крышки, обеспечивается связь заколонного и колонного пространств скважины путем вырезки интервала (10–12 м) обсаженной части ствола скважины. Для этой цели применяются режущие устройства или фрезы. Интервал вырезки ствола скважины расширяют до коренных пород и удаляют имеющийся цементный камень.

В дальнейшем обеспечивают течение пластичных пород в колонное пространство скважины посредством понижения гидростатического давления в скважине.

Недостатком применяемой технологии является ограничение по условиям применения. Условием, инициирующим процесс затекания соли в скважину, является создание депрессии через понижение гидростатического давления на пласт. Поэтому понижение гидростатического давления может производиться до определенного безопасного уровня, ниже которого происходит смятие обсадной колонны (колонн) скважины.

Текучесть пластичных пород зависит от следующих объективных факторов:

- значительная величина горного давления, обусловленная большой глубиной залегания соленосных пород и проявлением соляной тектоники;
- высокая пластовая температура, способствующая снижению статической прочности солей и увеличению их текучести.

С целью совершенствования вышеописанной технологии ликвидации скважин, предлагается дополнительно проводить термическое воздействие на призабойную зону (пластические породы) в интервале вырезки обсадной колонны (колонн).

Опытным путем установлено, что на устойчивость пластичных пород большое влияние оказывает пластовая критическая температура (табл.) [2]. Из этого следует, что при воздействии критической температуры соли утрачивают свою прочность. Если пластовая температура превышает критическую, а напряжения, действующие в массиве соленосной толще, больше статической прочности соли, возможно, течение солей.

Таблица

Критические температуры соленосных отложений

Наименование соли	Плотность, кг / см ³	Критическая температура, °С
Галит NaCl	2130–2150	200
Сильвинит KCl	1980	150
Бишофит MgCl · 6 H ₂ O	1560	110
Кизерит MgSO ₄ · H ₂ O	2570	45

Установлено [2, 8–11], что между пределом текучести и прочностью каменной соли в условиях одноосного сжатия существует определенная связь:

$$\sigma_T = (0,25 - 0,35) \sigma_0 \text{ для температуры,} \quad (1)$$

$$\sigma_T = (0,32 - 0,36) \sigma_0 \text{ для влажности,} \quad (2)$$

где σ_T – предел текучести, σ_0 – прочность на одноосное сжатие.

На основе исследований, представленных в монографии "Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин" [15] выявлено, что при термическом воздействии на пластичные породы (соли) скорость затекания увеличится пропорционально увеличению деформации ствола скважины. Данные экспериментальных исследований влияния температуры на прочность соли приведены на рисунке.

На основании исследований А.Ф. Иоффе выявлено, что с повышением температуры от 20 до 150 °С увеличиваются прочность и пластичность соли.

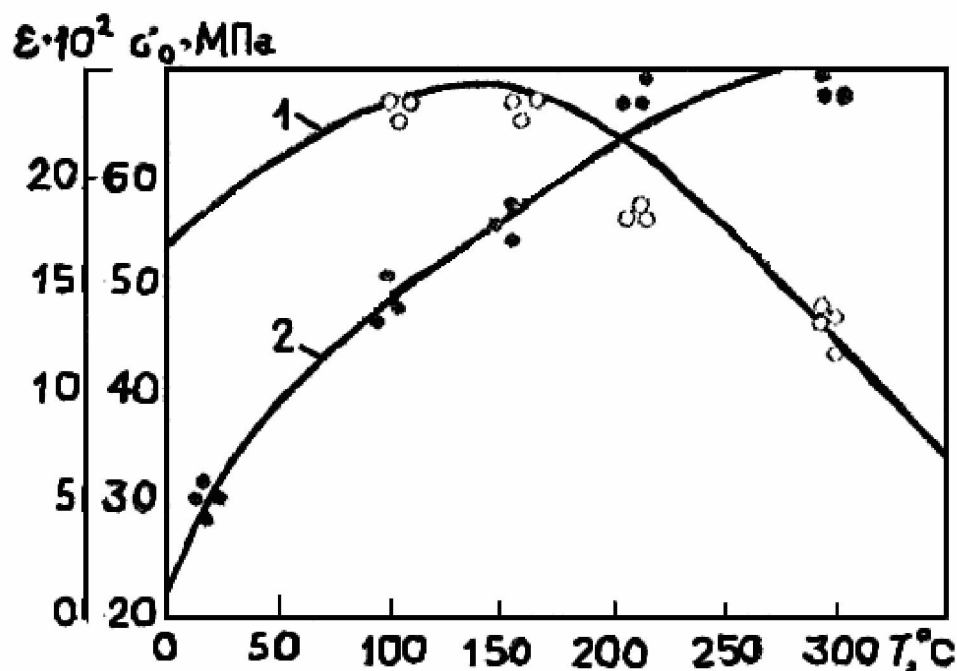


Рис. Зависимость прочности (кривая 1) и деформации (кривая 2) до разрушения образцов каменной соли от температуры

Как видно из диаграммы, при воздействии температурой $>150\text{ }^{\circ}\text{C}$, прочность каменной соли быстро снижается, в следствии чего пластические свойства соли непрерывно улучшаются. По данным Б.В. Байдюка (1963), увеличение температуры до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к уменьшению прочности каменной соли в 7 раз [1, 3].

В ходе исследований, проведенных В.С. Войтенко выявлено, что примесь глины снижает прочность каменной соли (галита). Экспериментальными исследованиями установлено [2, 5, 7, 12, 13,], что примеси глины до 6 % снижают прочность каменной соли примерно в 1,5 раза. Причем с увеличением содержания примеси скорость текучести породы растет. Это объясняется улучшением процесса деформирования по плоскостям скольжения за счет «смазывающего» эффекта влажной глины.

Данные исследования свидетельствует о том, что при дополнительном термическом воздействии на пластичные горные породы (при наличии примесей глины в каменной соли и увеличения ее влажности) возможно достичь ускорения процесса по созданию естественной флюидоупорной покрышки. Экономический эффект от применения термического воздействия на призабойную зону заключается в сокращении затрат и времени на проведение работ по ликвидации скважин.

Список литературы

1. Байдук Б. В. Прогнозирование градиента давления устойчивости пород при разработке конструкции скважин / Б. В. Байдук, В. Ю. Близиных // Нефтяное хозяйство. – 1987. – № 1. – С. 6–8.
2. Войтенко В. С. Прикладная геомеханика в бурении / В. С. Войтенко. – Москва : Недра, 1990. – С. 80–90.

3. Войтенко В. С. Управление горным давлением при бурении скважин / В. С. Войтенко. – Москва : Недра, 1985. – 181 с.
4. Девятков Е. В. Особенности проводки скважин на Астраханском своде / Е. В. Девятков // ОИ «Газовая промышленность». Серия: Бурение газовых и газоконденсатных скважин. – 1982. – № 6. – С. 23.
5. Дубенко В. Е. К определению деформационно-прочностных свойств каменной соли для расчета обсадных колонн / В. Е. Дубенко, С. Б. Свиницкий // Геология, бурение и разработка газовых и газоконденсатных месторождений : сборник научных трудов. – 2003. – Вып. 38. – С. 296–302.
6. Журавлев С. Р. Существующие проблемы при строительстве, эксплуатации и ликвидации скважин / С. Р. Журавлев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2006. – С. 11.
7. Журавлева Т. Ю. Оценка длительной устойчивости подземных выработок в залежах каменной соли различных морфологических типов / Т. Ю. Журавлева // Наука и техника в газовой промышленности. – 2002. – № 4. – С. 13–15.
8. Ибрагимова Ф. В. Снижение прочности солевых пород под влиянием температуры / Ф. В. Ибрагимова // Бурение, крепление и испытание скважин на территории БССР. – Минск, 1975. – С. 66–68.
9. Классен-Неклодова М. В. Деформация кристаллов каменной соли при повышенной температуре / М. В. Классен-Неклодова, А. А. Урусорская // Кристаллография. – 1960. – Вып. 5. – С. 744–748.
10. Осипов В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород / В. И. Осипов. – Москва : Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 1979. – 232 с.
11. Проскуряков Н. М. Физико-механические свойства соляных пород / Н. М. Проскуряков, Р. С. Пермяков, А. К. Черников. – Ленинград : Недра, 1973. – 53 с.
12. Свиницкий С. Б. Прогнозирование устойчивости стволов скважин в соленосных отложениях : обзорная информация / С. Б. Свиницкий // Бурение газовых и газоконденсатных скважин. – Москва : ИРЦ Газпром, 2004. – 144 с.
13. Ставрогин А. Л. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах / А. Л. Ставрогин, А. Г. Протосеня. – Москва : Недра, 1985. – 271 с.
14. Стрелец Г. Л. Нарушение обсадных колонн в соленосных отложениях / Г. А. Стрелец, Б. С. Филатов, В. З. Лубан, Ю. А. Еремеев // Нефтяное хозяйство. – 1970. – № 2. – С. 28–31.
15. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин : монография. – Тюмень : Издательско-полиграфический центр "Экспресс", 2006. – Т. 1. – С. 105–115.

References

1. Baydyuk B. V., Bliznyukov V. Yu. Prognostirovanie gradienta davleniya ustoychivosti porod pri razrabotke konstruktssii skvazhin [Forecasting of a gradient of pressure of stability of breeds when developing a design of wells]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 1987, no. 1, pp. 6–8.
2. Voytenko V. S. *Prikladnaya geomekhanika v bureanii* [Applied Geomechanics Drilling], Moscow, Nedra Publ., 1990, pp. 80–90.
3. Voytenko V. S. *Upravlenie gornym davleniem pri bureanii skvazhin* [Management of mountain pressure during the drilling of wells], Moscow, Nedra Publ., 1985. 181 p.
4. Devyatov Ye. V. Osobennosti provodki skvazhin na Astrakhanskoy svode [Features of the wiring holes on Astrakhan arch]. *OI «Gazovaya promyshlennost». Seriya: Burenie gazovykh i gazokondensatnykh skvazhin* [JP "Gas Industry". Drilling of Gas and Gas Condensate Wells], 1982, no. 6, pp. 23.
5. Dubenko V. Ye., Svinitskiy S. B. K opredeleniyu deformatsionno-prochnostnykh svoystv kamennoy soli dlya rascheta obsadnykh kolonn [To determination of deformation and strength properties of kamenkny salt for calculation of upsetting columns]. *Geologiya, burenie i razrabotka gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy* [Geology, Drilling and Development of Gas and Gas Condensate Fields], 2003, issue 38, pp. 296–302.
6. Zhuravlev S. R. Sushchestvuyushchie problemy pri stroitelstve, ekspluatatsii i likvidatsii skvazhin [The existing problems at construction, operation and elimination of wells]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [The International Scientific and Research Journal], 2006, pp. 11.
7. Zhuravlev T. Yu. Otsenka dlitelnoy ustoychivosti podzemnykh vyrabotok v zalezakh kamennoy soli razlichnykh morfologicheskikh tipov [Assessment of long stability of underground

developments in deposits of rock salt of various morphological types]. *Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti* [Science and Engineering in a Gas Industry], 2002, no. 4, pp. 13–15.

8. Ibragimova F. V. Snizhenie prochnosti solevykh porod pod vliyaniem temperatury [Decrease in durability of salt breeds under the influence of temperature]. *Burenie, kreplenie i ispytanie skvazhin na territorii BSSR* [Drilling, Attachment and Trial of Wells for Territories BSSR], Minsk, 1975, pp. 66–68.

9. Klassen-Neklyudova M. V., Urusorskaya A. A. Deformatsiya kristallov kamennoy soli pri povyshennoy temperature [Deformation of crystals of rock salt at elevated temperature]. *Kristallografiya* [Crystallography], 1960, issue 5, pp. 744–748.

10. Osipov V. I. *Priroda prochnostnykh i deformatsionnykh svoystv glinistyykh porod* [Nature of strength and deformation properties of clay breeds], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 1979. 232 p.

11. Proskuryakov N. M., Permyakov R. S., Chernikov A. K. *Fiziko-mekhanicheskie svoystva solyanykh porod* [Physical and mechanical properties of salt formations], Leningrad, Nedra Publ., 1973. 53p.

12. Snintsitskiy S. B. Prognozirovaniye ustoychivosti stvolov skvazhin v solenosnykh otlozheniyakh [Forecasting of stability of trunks of wells in saliferous deposits]. *Burenie gazovykh i gazokondensatnykh skvazhin* [Drilling of Gas and Gas Condensate Wells], Moscow, IRTs Gazprom Publ., 2004. 144 p.

13. Stavrogin A. L., Protosenya A. G. *Prochnost gornyykh porod i ustoychivost vyrabotok na bolshikh glubinakh* [Rock strength and stability of developments at big depths], Moscow, Nedra Publ., 1985. 271 p.

14. Strelets G. L., Filatov B. S., Luban V. Z., Yermeev Yu. A. Narusheniye obsadnykh kolonn v solenosnykh otlozheniyakh [Violation of upsetting columns in saliferous deposits]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 1970, no. 2, pp. 28–31.

15. *Upravleniye proyavleniyami gornogo davleniya pri stroitelstve neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Management of manifestations of mountain pressure at construction of oil and gas wells], Tyumen, Izdatelsko-poligraficheskiy tsentr "Ekspress" Publ., 2006, vol. 1, pp. 105–115.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОРОДЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЕБИТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Ниязова Лилия Рамилевна, аспирант, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16; геолог, ООО «ПКФ «Недра-С», e-mail: lniyazova@inbox.ru, niyazova@nedras.ru

В данной работе рассмотрены сущность и причины снижения дебита эксплуатационных скважин, возникающего в процессе разработки нефтяных и газовых месторождений. Одной из причин снижения дебита нефтяных и газовых скважин является ухудшение проницаемости в призабойной зоне продуктивного пласта. Приведен и теоретически обоснован метод волнового воздействия на призабойную зону в целях улучшения ее коллекторских свойств. В основе данного метода лежит создание на забое скважины возмущений среды за счет упругих волн. При волновом воздействии происходит следующее. Во-первых, наблюдается деформация стенок капилляров, которая приводит к значительному ускорению течения флюида. Во-вторых, акустические потоки вызывают интенсивное перемешивание, выравнивание температуры и интенсификацию конвективной диффузии в среде, что приводит к уменьшению вязкости раствора. Кроме того, существенную роль играют кавитационные явления в акустическом поле, которые также приводят к увеличению скорости фильтрации раствора. В статье содержится описание необходимого для проведения воздействия оборудования, схемы монтажа генератора силовых волн на устье скважины, а также сама технология проведения волновой обработки. Представлены физические основы метода и результаты воздействия акустического поля на околоскважинную зону коллектора, перечень данных, необходимых для проведения расчета оптимального режима воздействия, определения условия возникновения эффекта и его