



ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК В СКВАЖИНЕ ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Е.Т.Баспаев

ТОО Проектный институт «ОПТИМУМ», Актау, Казахстан

Prevention of Well Sanding-Up Using Metals with Negative Electrode Potential

E.T.Baspayev

«OPTIMUM» Design Institute LLP, Aktau, Kazakhstan

Abstract

A method to prevent well sanding-up using metals with a negative electrode potential is proposed in the article. It is shown that the coating film of metals with low negative electrode potentials below 0.7V applied on tubing enables to prevent well sanding-up. In this case, the height of the metal coating with a negative electrode potential of the inner surface of the tubing should be equal to the maximum height of the sand plug in the field. The mechanism of observed responses based on the DLVO theory is proposed.

Keywords:

Sand plug;
Standard electrode potential;
Well;
Tubing;
Oil and gas production.

© 2020 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

На сегодняшний день неуклонно растет число месторождений находящихся на поздней стадии разработки. В этой связи выбор наиболее оптимальных методов увеличения нефтеотдачи приобретает критическое значение [1-3]. Следует отметить, что какими бы оптимальными не были выбранные методы в подавляющем большинстве они представлены вытесняющими агентами на водной основе, что неизбежно приводит к увеличению обводненности добываемой продукции [4-7]. Одним из закономерных результатов подобного явления является увеличения выноса песка, что наиболее пагубно сказывается на месторождениях сложенных слабосцементированными породами [8-10].

Разработка месторождений, сложенных слабосцементированными терригенными породами сопровождается интенсивным пескопроявлением. В настоящее время применяется эффективное оборудование для предотвращения пескопроявления, что позволяет значительно повысить продуктивность эксплуатации скважин. Однако, на старых месторождениях применение дорогостоящего оборудования экономически не выгодно. В связи с этим при низких скоростях водонефтяного потока в скважине происходит активное осаждение песка на забое скважины с образованием песчаной пробки, высота которой может достигать нескольких сотен метров.

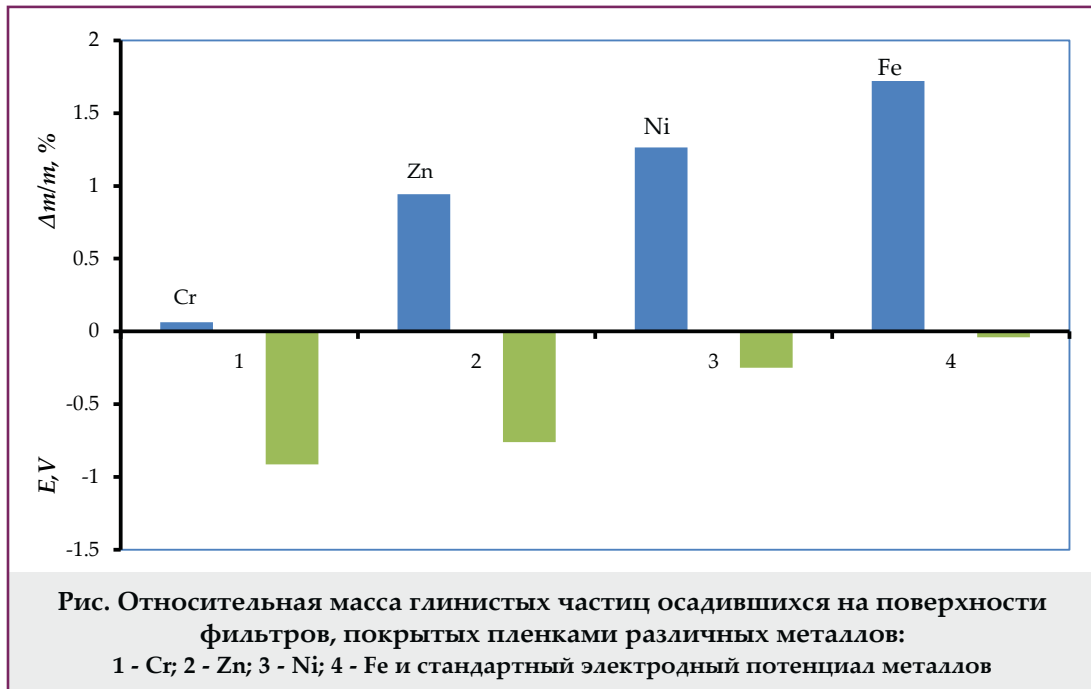
В основном промывка песчаной пробки ведется технической водой при низком пластовом давлении. В этих условиях, в результате сильного поглощения, часть песка вместе с водой проникает в пласт, что приводит к еще большему разрушению призабойной зоны, чем до промывки. При этом после освоения скважины, песок вновь беспрепятственно попадает в ствол и через некоторое время песчаная пробка образуется вновь.

Образование песчаной пробки происходит по следующей схеме. При выносе песка из продуктивного пласта потоком жидкости вода скапливается на забое скважины. При этом происходит налипание мелких глинистых частиц на внутреннюю и внешнюю поверхность насосно-компрессорных труб (НКТ). К глинистым частицам в свою очередь прилипают песчинки, постепенно образуя песчаную пробку.

Для предотвращения налипания глинистых частиц необходимо обработать нижнюю часть колонны НКТ. Для этой цели можно использовать реагенты, модифицирующие смачиваемость поверхности труб, что является весьма сложной задачей, тем более что нанесенная жидкость легко смывается потоком пластовых флюидов. Более простой и эффективный путь предотвращения налипания глинистых частиц - покрытие поверхности труб металлической пленкой с отрицательным стандартным потенциалом. При этом отрицательно заряженные глинистые частицы при подходе к поверхности металла с отрицательным стандартным потен-

E-mail: ybaspayev@opm.kz

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20200100420>



циалом будут отталкиваться от него и подхваченные потоком жидкости выносятся из скважины.

Эксперимент

Для экспериментальной проверки предлагаемого способа, одинаковые по форме и площади внешней поверхности фильтры, изготовленные из различных металлов (хром - Cr, цинк - Zn, никель - Ni и железо - Fe) помещались в водный раствор бентонитовой глины (с концентрацией бентонита 3.4%). Через 3 часа измерялась масса осевших на поверхности фильтров глинистых частиц. На рисунке приведены значения относительной массы осевших глинистых частиц и стандартного электродного потенциала использованных в эксперименте металлов. При этом получено, что относительная масса глинистых частиц осевших на поверхностях покрытых Cr или Zn (значения электродного потенциала меньше -0.7V) значительно меньше, чем на поверхностях покрытых Ni и Fe (значения электродного потенциала больше -0.7V).

Как видно из рисунка, с уменьшением стандартного электродного потенциала металла масса глинистых частиц на его поверхности уменьшается.

Обсуждение результатов

Для объяснения полученных результатов рассмотрим силы взаимодействия между частицей песка SiO₂ и частицей металла (Cr, Zn, Ni и Fe) в водной среде. Образование агрегатов частиц согласно теории ДЛФО [11, 12] определяется

балансом сил Ван-дер Ваальсового притяжения и сил отталкивания, возникающих при перекрытии двойных электрических слоев этих частиц. Ван дер Ваальсовое взаимодействие между двумя частицами в водной среде отличается от их взаимодействия в вакууме. В водной среде на частицы будет действовать расклинивающее давление. Это давление определяется по энергии смачивания (W_{CM}) жидкостью (L) поверхности двух тел A и B , расстояние между которыми:

$$W_{CM} = \frac{A_{ALB}}{12\pi} \left(\frac{1}{h_0^2} - \frac{1}{h^2} \right) \quad (1)$$

где: A_{ALB} постоянная Гамакера взаимодействия двух веществ A и B , между которыми находится жидкость L ; h_0 минимальное расстояние между телами, обычно в литературе принимается равным $h_0 = 0.165 \text{ nm}$ [13].

Расклинивающее давление $\Pi(h)$ определяется как производная от энергии смачивания с отрицательным знаком:

$$\Pi(h) = -\frac{dW_{CM}}{dh} = -\frac{A_{ALB}}{6\pi h^3} \quad (2)$$

Эффективная постоянная Гамакера A_{ALB} определяется по правилу Бертольда [12]:

$$A_{ALB} = A_{AB} + A_L - A_{AL} - A_{BL} = (\sqrt{A_A} - \sqrt{A_L})(\sqrt{A_B} - \sqrt{A_L}) \quad (3)$$

где, A_L постоянная Гамакера жидкости.

Как видно из формулы (2) когда постоянная

Показатель	Cr	Zn	Ni	Fe	SiO ₂
Стандартный электродный потенциал (φ), В	-0.913	-0.76	-0.25	-0.04	-0.91
Постоянная Гамакера, 10^{-20} Дж	20-40	20-40	20-40	21	6.5

Гамакера положительна (расклинивающее давление отрицательно) слой жидкости становится тонким, т.е. тела притягиваются, а когда постоянная Гамакера отрицательна (расклинивающее давление положительно) слой жидкости утолщается, т.е. тела отталкиваются.

Воспользовавшись таблицей и формулой (3) можно заметить, что во всех рассмотренных случаях Ван дер Ваальсовое взаимодействие между металлической частицей (A : Cr, Zn, Ni, Fe) и частицей глины (B : SiO_2) в водной среде (L : H_2O , $A_{\text{H}_2\text{O}} \approx 4.5 \cdot 10^{-20}$ Дж) является притягательным $A_{\text{ALB}} > 0$, поскольку $A_A > A_B > A_L$.

Поэтому единственная возможность для предотвращения осаждения глинистых частиц на поверхности металла обусловлена потенциальной энергией отталкивания при перекрытии двойных электрических слоев частиц. При слабом перекрытии двойных слоев частиц, отстоящих друг от друга на расстоянии h , потенциаль-

ная энергия отталкивания определяется как:

$$W_{\text{OT}} = \frac{2\pi}{\delta} \sqrt{R_1 R_2} \varepsilon_0 \varepsilon \varphi_1 \varphi_2 e^{-\frac{h}{\delta}} \quad (4)$$

где: φ_1 , φ_2 и R_1 , R_2 стандартные электродные потенциалы и радиусы двух частиц, соответственно, δ Дебаевская толщина двойного электрического слоя, ε диэлектрическая проницаемость среды, ε_0 электрическая постоянная.

Как видно из формулы (4) наибольшее значение потенциальной энергии отталкивания имеют пары частиц (Cr - SiO_2) и (Zn - SiO_2), т.е. если покрытие поверхности металлических труб Cr или Zn позволит предотвратить осаждение глинистых частиц и образование песчаной пробки. Для достижения этого результата высота покрытия металлом с отрицательным электродным потенциалом внутренней поверхности насосно-компрессорных труб должна быть равна максимальной высоте песчаной пробки на месторождении.

Автор выражает глубокую благодарность член-корреспонденту НАН Азербайджана, доктору технических наук, профессору Б.А.Сулейманову по инициативе которого были проведены исследования и доктору философии по физико-математическим наукам Х.Ф. Аббасову за помощь при проведении исследований.

Литература

1. Suleimanov, B.A. & Veliyev, E.F. (2017). Novel polymeric nanogel as diversion agent for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 35(4), 319-326.
2. Suleimanov, B.A., Latifov, Y.A., Veliyev, E.F., & Frampton, H. (2018). Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 35-43.
3. Suleimanov, B.A., Ismailov, F.S., Veliyev, E.F. & Dyshin, O.A. (2016, October). Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. In: *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
4. Suleimanov, B. A., Ismayilov, F. S., Veliyev, E. F., & Dyshin, O. A. (2016). Selection methodology for screening evaluation of EOR methods. *Petroleum Science and Technology*, 34(10), 961-970.
5. Сулейманов, Б.А., Исмаилов, Ф.С., & Велиев, Э.Ф. (2014). О влиянии наночастиц металла на прочность полимерных гелей на основе КМЦ, применяемых при добыче нефти. *Нефтяное хозяйство*, 1, 86-88.
6. Сулейманов, Б.А., Исмаилов, Ф.С., Велиев, Э.Ф., Дышин, О.А. (2013). О влиянии наночастиц на прочность полимерных гелей, применяемых в нефтедобыче. *SOCAR Proceedings*, 2, 24-28.
7. Suleimanov, B.A., & Veliyev, E.F. (2016, November). Nanogels for deep reservoir conformance control. SPE-182534-MS. In: *SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.

References

1. Suleimanov, B.A. & Veliyev, E.F. (2017). Novel polymeric nanogel as diversion agent for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 35(4), 319-326.
2. Suleimanov, B.A., Latifov, Y.A., Veliyev, E.F., & Frampton, H. (2018). Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 35-43.
3. Suleimanov, B.A., Ismailov, F.S., Veliyev, E.F. & Dyshin, O.A. (2016, October). Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. In: *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
4. Suleimanov, B. A., Ismayilov, F. S., Veliyev, E. F., & Dyshin, O. A. (2016). Selection methodology for screening evaluation of EOR methods. *Petroleum Science and Technology*, 34(10), 961-970.
5. Suleimanov, B.A., Ismailov, F.S., & Veliyev, E.F. (2014). On the metal nanoparticles effect on the strength of polymer gels based on carboxymethyl cellulose, applying at oil recovery. *Oil Industry*, 1, 86-88.
6. Suleimanov, B.A., Ismailov, F.S., Veliyev, E.F., & Dyshin, O.A. (2013). The influence of light metal nanoparticles on the strength of polymer gels used in oil industry. *SOCAR Proceedings*, 2, 24-28.
7. Suleimanov, B.A., & Veliyev, E.F. (2016, November). Nanogels for deep reservoir conformance control. SPE-182534-MS. In: *SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.

8. Suleimanov, B.A., Azizov, F., & Abbasov, E.M. (1998). Specific features of the gas-liquid mixture filtration. *Acta Mechanica*, 130(1-2), 121-133.
9. Сулейманов, Б.А. (1995). О фильтрации дисперсных систем в неоднородной пористой среде. *Коллоидный журнал*, 57(5), 743-746.
10. Сулейманов, Б.А. (2011). Промывка песчаной пробки газированными жидкостями. *SOCAR Proceedings*, 1, 30-36.
11. Дерягин, Б.В. (1986). Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. *Москва: Наука*.
12. Israelachvili, J.N. (1991). Intermolecular and surface forces. *London: Academic Press*.
13. Myers, D. (1999). Surfaces, interfaces, and colloids: principles and applications. Second Edition. *John Wiley & Sons, Inc.*
8. Suleimanov, B.A., Azizov, F., & Abbasov, E.M. (1998). Specific features of the gas-liquid mixture filtration. *Acta Mechanica*, 130(1-2), 121-133.
9. Suleimanov, B. A. (1995). Filtration of disperse systems in a nonhomogenous porous medium. *Colloid Journal*, 57(5), 704-707.
10. Suleimanov, B.A. (2011). Sand plug washing with gassy fluids. *SOCAR Proceedings*, 1, 30-36.
11. Deryagin, B.V. (1986). Theory of stability of colloids and thin films. *Moscow: Nauka*.
12. Israelachvili, J. N. (1991). Intermolecular and surface forces. *London: Academic Press*.
13. Myers, D. (1999). Surfaces, interfaces, and colloids: principles and applications. Second Edition. *John Wiley & Sons, Inc.*

Предотвращение образования песчаных пробок в скважине применением металлов с отрицательным электродным потенциалом

Е.Т.Баспаев

ТОО Проектный институт «ОPTIMUM», Актау, Казахстан

Реферат

В работе предложен способ предотвращения образования песчаных пробок в скважине применением металлов с отрицательным электродным потенциалом. Показано, что использование покрытия насосно-компрессорных труб пленкой металлов с низкими отрицательными электродными потенциалами ниже 0.7V позволяет предотвратить образование песчаной пробки в скважине. При этом высота покрытия металлом с отрицательным электродным потенциалом внутренней поверхности насосно-компрессорных труб должна быть равна максимальной высоте песчаной пробки на месторождении. Предложен механизм наблюдаемых эффектов на основе теории ДЛФО.

Ключевые слова: песчаная пробка; стандартный электродный потенциал металла; скважина; насосно-компрессорная труба; нефтегазодобыча.

Mənfi elektrod potensiallı metalların istifadəsi ilə quyuda qum tıxacının yaranmasının qarşısının alınması

Е.Т.Баспаев

«OPTIMUM» Layihə İnstitutu SC, Aktau, Qazaxıstan

Xülasə

Məqalədə mənfi elektrod potensiallı metalların istifadəsi ilə quyuda qum tıxacının yaranmasının qarşısının alınması üsulu təklif edilmişdir. Göstərilmişdir ki, nasos-kompresor borularının səthinin 0.7V-dan aşağı mənfi elektrod potensiallı metalların nazik təbəqəsi ilə örtülməsi quyuda qum tıxacının yaranmasının qarşısının alınmasına imkan verir. Nasos-kompresor borularının daxili səthinin mənfi elektrod potensiallı metalla örtülməsinin hündürlüyü yataqda qum tıxacının maksimal hündürlüyünə bərabər olmalıdır. DLFO nəzəriyyəsi əsasında müşahidə edilən effektlərin mexanizmi təklif edilmişdir.

Açar sözlər: qum tıxacı; metalın standart elektrod potensialı; quyuy; nasos-kompresor boruları, neftqaz-çixarma.