УДК 622.245.42

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЛАТЕКСА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН

ANALYSIS OF THE CEMENT SLURRY WITH THE LATEX ADDITIVE FOR WELLSCASING

Савин Руслан Дмитриевич
студент
s212430@stud.spmi.ru

Мерзляков Михаил Юрьевич
канд. техн. наук, доцент кафедры бурения скважин,
Санкт-Петербургский горный университет
merzlyakov_myu@pers.spmi.ru

Аннотация. В данной статье изученопыт, возможностии перспективы использования латекса в качестве полимерной добавки в тампонажных смесях для крепления скважин в разных условиях. Рассматриваются особенности его применения, влияние на свойства получаемых тампонажных материалов и на качество герметизации заколонного и межколонного пространства скважины.

Ключевые слова: тампонажный раствор, цементный камень, латекс, сложные горно-геологические условия.

Savin Ruslan Dmitrievich
Student
s212430@stud.spmi.ru

Merzlyakov Mikhail Yurevich
Ph.D., Associate Professor
of Drilling Wells Department,
Saint-Petersburg Mining University
merzlyakov_myu@pers.spmi.ru

Annotation. In this article the experience, possibilities and prospects of using latex as a polymer additive in cement slurry for casing wells in different conditionsexamines. The features of its application are the effect on the properties of the resulting backfill and on the quality of sealing the borehole annulusand interstring space of well.

Keywords: cementing slurry, cement stone, latex, complicated geological conditions.

Особо важным и трудным этапом во всем цикле строительства скважины является ее крепление и разобщение пластов. От качества его выполнения в большой степени зависит успешность всего процесса сооружения и последующая безаварийная долговечная эксплуатация. Необходимо обеспечить полную герметизацию межколонного и заколонного пространства, именно поэтому пристальное внимание следует уделить тампонажным растворам, обуславливающим длительность безремонтного периода использования скважины и время ее существования. В зависимости от условий применения для регулирования и улучшения свойств и параметров раствора в них вводятразличные добавки.

Полимерные добавкиобладают большим потенциалом при цементировании скважин. Это связано с тем, что они позволяют, в частности, улучшить прочность, термостойкость и упругость цементного камня. При креплении скважин широко используются латекс как в жидком [5], так и порошкообразном виде [4]. Как правило, латексы являются сополимерными системами двух или более различных мономеров. К ним предъявляются следующие требования: высокая химическая стойкость к активным катионам, выделяемым при гидратации цемента, и к механическим воздействиям, низкая пенообразующая способность, отсутствие негативного влияния на гидратацию тампонажного раствора, низкая температура пленкообразования с обеспечением высокой адгезии, водостойкость образуемых полимерных пленок, термостойкость [2].

В цементных растворах наиболее широко используется стирол-бутадиеновый латекс, так как он улучшает прочность сцепления [8, 15, 17], оказывает положительнее влияние на реологические параметры получаемой суспензии [9, 13] и упругость формируемого цементного камня [10, 14]. Кроме того, данный полимер может повышать прочность цементной матрицы на изгиб [10], обуславливающее увеличениее долговечности.

Практика применяют карбоксилированного латекса (разновидность стирол-бутадиенового) показало, что введение данной добавки ведет к улучшению когезии и росту прочности на сжатие цементного камня, а такжеспособствует замедлению реакции гидратации цементной смеси [12].

Эластичная частица латекса имеет меньшие размеры, чем частицы цемента, поэтому латекс может равномерно распределяться в растворе с заполнением пространства между цементными частицами, что способствует уменьшению водоотдачи тампонажного раствора и проницаемости образуемого камняза счет того, что этот полимер склонен коалесцировать при контакте с газом, образуя непроницаемый полимерный барьер, который покрывает поверхность фильтрационной корки под действием перепада давления. Кроме того, частицы латекса связываются друг с другом, образуя упругое сетчатое тело во всей структуре цементной матрицы, что позволяет избежать концентрации напряжений ввиду термического расширения и снизить хрупкость затвердевшего цемента.

При твердении тампонажных растворов в высокотемпературных условиях наблюдается снижение прочности и увеличения проницаемости цементного камня, вследствие чего теряются его изоляционные свойства [1, 6]. Применение латекса позволяет минимизировать или предупредить эти негативные изменения. В работе [10] рассматривается цементный раствор с добавлением латекса DC200 (размер частиц 200–500 нм; термостойкость – 200 °С; оптимальная концентрация в растворе – 8–15 %), который был разработан для крепления сверхглубоких газовых скважин с высокими температурой и давлением. В состав данного раствора так же вводились органические полимерные и неорганические минеральные волокна. Данный состав позволяет получить цементный камень с высокими показателями упругости и термостойкости. В ходе промышленного применения на двух скважинах было достигнуто высокое качество цементирования и межпластовой изоляции. Полученные результаты исследований имеют практическую значимость, выраженную в безопасной, эффективной и долгосрочной разработке глубоких газовых залежей.

Авторами работы [16] были изучены свойства тампонажных составов с латексом, которые затвердевали в условиях высокой температуры. Первый состав был изготовлен из суспензии, включающей 125 мл латекса на 1 кг цемента, второй – из суспензии с добавлением 250 мл латекса на 1 кг цемента. Их механические свойства определены в ходе стендовых испытаний, которые показали, что независимо от используемой рецептуры целостность цементного камня вокруг обсадной трубы практически не нарушается, однако более удовлетворительный термомеханический отклик имел второй состав. В зоне контакта с пластом разрушение камня произошло для всех составов, но рецептуры с латексом, в особенности вторая, менее склонны к растрескиванию и повреждению.

Латекс используют и в качестве добавки, увеличивающей величину адгезии [4], в том числе, в условиях креалитозоны [3, 7]. Исследования авторов статьи [7] показали, что особого внимания заслуживаютне прочностные характеристики цемента, а его адгезия с металлом труб и породой. Для исследования был выбран синтетический латекс (оптимальное содержание – 0,5–0,75 % от веса твердой фазы; размер частиц 30–100 нм), совместимый с цементными и минерализованными растворами. Добавление латексапозволило увеличить адгезию цементного камня с металлом на 43–79 %, а также способствовало повышению его морозостойкости.

В условиях Крайнего Севера применялись облегченные расширяющиеся цементы плотностью 1620 кг/м^3 с добавлением латекса, которые содержали расширяющиеся добавки ДР-100, НРС-1М и алюмосиликатные микросферы. При оптимальной концентрации латекса равной 0,25 % (от веса твердой фазы) адгезия повысилась на 27–29 % [7].

Испытания проводились при цементировании технических колонн трех скважин на Заполярном нефтегазоконденсатном месторождении. По данным ГИС во всех опытных скважинах качество крепления стало выше, чем на скважинах, которые пробурены на тех же кустах. Улучшился контакт затвердевшего цемента с колонной, степень заполнения затрубного пространства цементным камнем стала выше.

В работе [11] изучалось совместное применение латекса и гранулированного каучука. Латекс повышает прочность цементного камня, а равномерно распределенный каучук, заполняющий пустоты между частицами тампонажного раствора, формирует скелет, имеющий повышенную стойкость к внешним нагрузкам, и устраняет внутренние недостатки цементного теста, препятствуя возникновению и развитию микротрещин и формируя структурный центр поглощения энергии.

Совместное применение латекса и каучука снижает водоотдачу раствора на 36 % по сравнению с обычным. После длительного твердения повышается ударная вязкость цементного камня. Самые высокие значения наблюдаются при добавлении 3 % латексного порошка и 2 % каучукоцементного раствора. Сочетание этих добавок увеличивает сопротивление цементного материала внешним нагрузкам в скважине. Использование указанных добавок привело к формированию упругой трехмерной сетчатой структуры цементного камня с повышенной эластичностью.

Стоит отметить, что в основном рецептуры тампонажных растворов с добавлением латекса также содержат стабилизаторы, пластификаторы и диспергаторы [7, 8].

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о целесообразности введения латекса в состав цементного раствора при строительстве скважин в различных условиях. Данная добавка позволит уменьшить водоотдачу и улучшить реологические параметры тампонажной смеси, придать цементному камню большую прочность и упругость со сниженной проницаемостью и повышенной адгезией, что благоприятно скажется на качестве цементирования и межпластовой изоляции.

Литература:

1. Анализ влияния температуры на прочность цементного камня / Ф.А. Агзамов [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2014. – Т. 12. – № 2. – С. 41–53.

2. Перспективные соединения на полимерной основе с функциональными свойствами и их применение в строительных растворах / З.А. Меретуков [и др.] // Современная наука и образование: новые подходы и актуальные исследования. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 64–75.

3. Николаев Н.И., Тяньлэ Лю. Современные технологии бурения и крепления скважин при разведке газовых гидратов // Записки Горного института. – 2016. – Т. 218.– С. 206–214.

4. Пеноцементный тампонажный материал: пат. 2654112 Рос. Федерация № 2017113656; заявл. 19.04.2017; опубл. 16.05.2018, Бюл. № 14. – С. 1.
5. Тампонажный раствор для блокирующего флюиды цементного камня (два варианта) и полимерный модификатор для жидкости затворениятампонажного раствора: пат. 2743555 Рос. Федерация № 2020124469; заявл. 14.07.20; опубл. 19.02.21, Бюл. № 5. – С. 9.
6. Табатабаи Моради С.Ш., Николаев Н.И., Николаева Т.Н. Разработка составов буферных жидкостей и тампонажных растворов для крепления скважин в условияхвысоких температур // Записки Горного института. – 2020. – Т. 242. – № 2. – С. 174–178.
7. Хлебников В. Н., Зобов П. М., Антонов С. В., Гущина Ю. Ф., Мишин А. С., Винокуров В. А. Использование латекса для повышения качества крепления скважин в условиях Крайнего Севера // Башкирский химический журнал. – 2010. – Т. 17. – №3.– С. 105-110.
8. Adib S., Reza A., Abbas Z. Cement design for underground gas storage well completion // Journal of Petroleum Science and Engineering 18. – 2014. – P. 150.
9. Anna Piklowska. Cement slurries used in drilling – types, properties, application // World Scientific News 76. – 2017. – P. 156.
10. Development and application of high thermos table elasto-toughness latex cement slurry system for ultra-deep gas wells / Y. Guangguo [et al.] // International journal of oil, gasand coal engineering. –2018. – Vol. 6. – № 6. – P. 183–189.
11. Synergistic Effect of Latex Powder and Rubber on the Properties of Oil Well Cement-Based Composites / S. Jianjian [et al.] // Advances in Materials Science and Engineering. – 2018. – P. 1–9.
12. Pore structure evolution and strength development of G-type elastic oil well cement. A combined H NMR and ultrasonic study / E. Karakosta [et al.] // Cement and Concrete Research 72. – 2015. – P. 91.
13. A geopolymer cementing system for oil wells subject to steam injection / M.D.M. Paiva [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering 169. – 2018. – P. 750.
14. Evaluation of mechanical properties of cemet slurries containing SBR latex subjected to high temperatures R.V.A. Ramalho [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering 178. – 2019. – P. 787–794.
15. Shawgi A., Saeed S., Chinedum E, Review of gas migration and wellbore leakage in kiner hanger dual barrier system: Challenges and implications for industry // Journal of Petroleum Science and Engineering 78. – 2020. – P. 1–16.
16. Numerical simulation of the thermomechanical behavior of cement sheath in wells subjected to steam injection W.R. Medeiros de Souza [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering 167. – 2018. – P. 664–673.
17. Technical difficulties in the cementing of horizontal shale gas wells in Weiyuan block and the countermeasures / J. Yuan [et al.] // Natural Gas Industry B XX. – 2016. – P. 5.

References:

1. Analysis of the Effect of Temperature on the Strength of Cement Stone / F.A. Agzamov [et al.] // Oil and Gas Business. – 2014. – Vol. 12. – № 2. – P. 41–53.
2. Perspective compounds on a polymeric basis with functional properties and their application in building mortars / Z.A. Meretukov [et al.] // Modern science and education: new approaches and current research. Materials of II All-Russian Scientific and Practical Conference. Cheboksary. – 2021. – P. 64–75.
3. Nikolaev N.I., Tianle Lu. Today's technologies of drilling and fastening wells in gas hydrates exploration// Notes of the Mining Institute. – 2016. – Vol. 218.– P. 206–214.
4. Foam-cement plugging material: patent. 2654112 Ros. Federation № 2017113656; application. 19.04.2017; publ. 16.05.2018, Bulletin № 14. – P. 1.
5. Cement mortar blocking fluid (two variants) and polymer modifier for mortar mixing fluid: patent. 2743555 Russian Federation. Federation № 2020124469; Application. 14.07.20; publ. 19.02.21, Bulletin № 5. – P. 9.
6. Tabatabai Moradi S.Sh., Nikolaev N.I., Nikolaeva T.N. Development of compositions of buffer liquids and plugging solutions for fastening wells at high temperatures // Memoirs of the Mining Institute. – 2020. – Vol. 242. – № 2. – P. 174–178.
7. Khlebnikov V. N., Zobov P. M., Antonov S. V., Gushchina Y. F., Mishin A. S., Vinokurov V. A. The use of latex to improve the quality of wellbores in the Far North // Bashkir Chemical Journal. – 2010. – VOL. 17. – №3. – P. 105–110.
8. Adib S., Reza A., Abbas Z. Cement design for underground gas storage well completion // Journal of Petroleum Science and Engineering 18. – 2014. – P. 150.
9. Anna Piklowska. Cement slurries used in drilling – types, properties, application // World Scientific News 76. – 2017. – P. 156.
10. Development and application of high thermos table elasto-toughness latex cement slurry system for ultra-deep gas wells / Y. Guangguo [et al.] // International journal of oil, gasand coal engineering. –2018. – Vol. 6. – № 6. – P. 183–189.
11. Synergistic Effect of Latex Powder and Rubber on the Properties of Oil Well Cement-Based Composites / S. Jianjian [et al.] // Advances in Materials Science and Engineering. – 2018. – P. 1–9.
12. Pore structure evolution and strength development of G-type elastic oil well cement. A combined H NMR and ultrasonic study / E. Karakosta [et al.] // Cement and Concrete Research 72. – 2015. – P. 91.
13. A geopolymer cementing system for oil wells subject to steam injection / M.D.M. Paiva [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering 169. – 2018. – P. 750.
14. Evaluation of mechanical properties of cemet slurries containing SBR latex subjected to high temperatures R.V.A. Ramalho [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering 178. – 2019. – P. 787–794.
15. Shawgi A., Saeed S., Chinedum E, Review of gas migration and wellbore leakage in kiner hanger dual barrier system: Challenges and implications for industry // Journal of Petroleum Science and Engineering 78. – 2020. – P. 1–16.
16. Numerical simulation of the thermomechanical behavior of cement sheath in wells subjected to steam injection W.R. Medeiros de Souza [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering 167. – 2018. – P. 664–673.
17. Technical difficulties in the cementing of horizontal shale gas wells in Weiyuan block and the countermeasures / J. Yuan [et al.] // Natural Gas Industry B XX. – 2016. – P. 5.