УДК 622.24

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БУРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ БУРЕНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ СЕРОВОДОРОДНОЙ АГРЕССИИ НА ПРИМЕРЕ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DRILLING PROCESS FLUIDS FOR DRILLING AND FIXING WELLS IN CONDITIONS OF HYDROGEN SULFIDE AGGRESSION ON THE EXAMPLE OF THE TIMAN-PECHORA OIL AND GAS PROVINCE

Каменских Сергей Владиславович
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры бурения,
Ухтинский государственный технический университет
skamenskih@ugtu.net

Аннотация. Изучение горно-геологических условий Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции позволило установить повышенное содержание сероводорода в высокопроницаемых отложениях. Бурение и крепление подобных отложений сопровождается возникновением сопутствующих осложнений: сероводородная агрессия, поглощения, дифференциальные прихваты и проявления. Поэтому исследование и разработка рецептур технологических жидкостей для бурения и крепления высокопроницаемых горных пород, вмещающих сероводород, является актуальной задачей. В работе представлены результаты исследований с использованием системного подхода, которые позволили разработать 4 высокощелочных буровых технологических жидкости, обладающих повышенными кольматирующими свойствами и коррозионной стойкостью к сероводородной агрессии.

Ключевые слова: сероводородная агрессия, высокопроницаемые горные породы, буровые технологические жидкости, водородный показатель.

Kamenskikh Sergey Vladislavovich
Candidate of Technical Sciences, Docent,
Associate Professor of the Drilling Department,
Ukhta State Technical University
skamenskih@ugtu.net

Annotation. The study of the mining and geological conditions of the Timan-Pechora oil and gas province made it possible to establish an increased content of hydrogen sulfide in highly permeable sediments. Drilling and fixing of such deposits is accompanied by the occurrence of concomitant complications: hydrogen sulfide aggression, absorption, differential tacks and manifestations. Therefore, the research and development of formulations of process fluids for drilling and fastening of highly permeable rocks containing hydrogen sulfide is an urgent task. The paper presents the results of research using a systematic approach, which allowed the development of 4 highly alkaline drilling fluids with increased colmating properties and corrosion resistance to hydrogen sulfide aggression.

Keywords: hydrogen sulfide aggression, highly permeable rocks, drilling process fluids, hydrogen index.

Исследование горно-геологических условий залегания горных пород в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПНГП) позволило выявить присутствие сероводорода в высокопроницаемых карбонатных отложениях. Бурение и крепление таких отложений чаще всего сопровождается возникновением различных видов осложнений и аварий: сероводородная агрессия, поглощения повышенной интенсивности, дифференциальные прихваты и флюидопроявления, которые препятствуют качественной и безаварийной проводке скважин. Подобные осложненные горно-геоло-гические условия наиболее характерны для месторождений Денисовской впадины ТПНГП, которые характеризуются присутствием сероводорода в концентрации до 18,5 % об. и повышенной вероятностью возникновения поглощений, дифференциальных прихватов и флюидопроявлений. Поэтому исследование и разработка рецептур технологических жидкостей для бурения и крепления высокопроницаемых горных пород, вмещающих сероводород, является актуальной задачей.

Исследование и разработка рецептур буровых технологических жидкостей проводились с использованием приборов и оборудования кафедры бурения и центра по исследованию керна ФГБОУ ВО «УГТУ». Проведенные исследования с использованием системного подхода позволили разработать 4 буровых технологических жидкости, которые обладают повышенными кольматирующими свойствами и коррозионной стойкостью к сероводородной агрессии.

1. Безглинистый высокощелочной буровой раствор с повышенными кольматирующими свойствами для бурения в агрессивных средах (RU № 2016126737 A), включающий разветвленный биополимер, целлюлозу, модифицированный крахмал, оксид кальция, пеногаситель и высокодисперсный

карбонатный материал [1, 2]. Проведенные исследования позволили установить, что высокая щелочность бурового раствора (pH = 12,0 – 12,5) за счет обработки оксидом кальция обеспечивает ферментативную устойчивость высокомолекулярных соединений (ВМС) без бактерицида, коррозионную стойкость при воздействии природного сероводорода без нейтрализатора, кольматацию проницаемых отложений продуктами реакции H_2S с $Ca(OH)_2$ и слабоинтенсивную коррозию бурильного инструмента без ингибитора [1, 2]. Низкая материалоемкость рецептуры и отсутствие токсичных реагентов делают состав бурового раствора экономически и экологически более выгодным по сравнению с другими промывочными жидкостями в агрессивных средах.

2. Биополимерная кольматирующая смесь для изоляции высокопроницаемых горных пород, содержащих сероводород (заявка на изобретение № 2020138560 от 24.11.2020), включающая разветвленный биополимер, целлюлозу, модифицированный крахмал, оксид кальция, биоцидол, газблок и мраморную крошку [3]. Высокая щелочность смеси (pH = 12,5 – 13,0) за счет обработки оксидом кальция обеспечивает нейтрализацию биогенного и природного сероводорода в пластовых условиях щелочностью среды и кольматацию проницаемых отложений продуктами реакции H_2S с $Ca(OH)_2$. Совместное использование биоцидола в качестве сшивателя и газоблокатора, обладающего свойствами компаунда, позволяет повысить кольматирующую способность смеси за счет затвердевания газблока при нагревании и связывания ВМС, сшитых биоцидолом, в более плотные и большие по размеру конгломераты, которые эффективно кольматируют высокопроницаемые отложения. Биополимерная смесь затвердевает в трещинно-поровом пространстве в покое, обладает вязкоупругими свойствами, трансформируется из безглинистого высокощелочного бурового раствора (RU № 2016126737 A) и может использоваться в качестве вязкоупругого буфера, входящего в состав комбинированной буферной жидкости.

3. Комбинированная буферная жидкость комплексного назначения, включающая моющую, вязкоупругую и адгезионно-кольматирующую пачки, обеспечивает разрушение гидрофильных фильтрационных корок, нейтрализацию сероводорода, кольматацию высокопроницаемых отложений и повышение адгезионного сцепления цементного камня с горными породами [4].

4. Облегченная коррозионностойкая тампонажная смесь для цементирования скважин в высокопроницаемых горных породах и условиях сероводородной агрессии (RU № 2741890 C2), включающая сульфатостойкий портландцемент в качестве вяжущего, газблок, обеспечивающий коррозионную стойкость к агрессивным средам, седиментационную и суффозную устойчивость, расширяющую добавку, исключающую усадку камня при твердении, и гранулированное пеностекло, формирующее прочный облегченный композитный материал, обеспечивающий эффективную изоляцию высокопроницаемых горных пород за счет увеличения адгезионного сцепления камня со стенками поглощающих каналов [5, 6].

В итоге, на основании проведенных исследований [1–6] с использованием системного подхода разработаны высокощелочные составы технологических жидкостей на высокощелочной основе, обеспечивающие одновременно эффективную нейтрализацию сероводорода в пластовых условиях щелочностью среды и качественную кольматацию высокопроницаемых отложений продуктами реакции H_2S с $Ca(OH)_2$. Эффективность разработанных рецептур подтверждена промысловыми испытаниями на месторождениях ТПНГП.

Литература:

1. Каменских С.В. Сравнительная оценка степени влияния сероводорода на свойства полимерных химических реагентов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: Научно-технический журнал. – М. : ВНИИОЭНГ, 2015. – № 12. – С. 25–30.

2. Каменских С.В., Уляшева Н.М. Разработка и исследование бурового раствора для безаварийного вскрытия сероводородсодержащих высокопроницаемых горных пород // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: Научно-технический журнал. – М. : ВНИИОЭНГ, 2019. – № 1. – С. 28–34.

3. Каменских С.В. Разработка рецептуры биополимерной кольматирующей смеси для ликвидации поглощений в проницаемых горных породах // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: Научно-технический журнал. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 7.– С. 15–21.

4. Каменских С.В., Уляшева Н.М. Исследование отмывающей способности буферных жидкостей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: Научно-технический журнал. – М. : ВНИИОЭНГ, 2018. – № 3. – С. 21–26.

5. Вороник А.М., Каменских С.В., Уляшева Н.М. Разработка и исследование облегченной коррозионностойкой тампонажной смеси для крепления высокопроницаемых горных пород, вмещающих агрессивные флюиды // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: Научно-технический журнал. – М. : ВНИИОЭНГ, 2020. – № 1. – С. 40–45.

6. Research and development of the lightweight corrosion-resistant cement blend for well cementing in complex geological conditions / S. Kamenskikh [et al.] // SPE 191509-MS / SPE Russian Petroleum Technology Conference. – M., 2018. – 13 p. Society of Petroleum Engineers. – URL : https://doi.org/10.2118/191509-18RPTC-MS.

References:

1. Kamenskikh S.V. Comparative assessment of the degree of influence of hydrogen sulfide on the properties of polymer chemicals // Construction of Oil and Gas Wells on Land and at Sea: Scientific and Technical Journal. – M. : VNIIOENG, 2015. – № 12. – P. 25–30.

2. Kamenskikh S.V., Ulyasheva N.M. Development and study of drilling fluid for accident-free opening of hydrogen sulfide-containing highly permeable rocks // Construction of Oil and Gas Wells on Land and at Sea: Scientific and Technical Journal. – M. : VNIIOENG, 2019. – № 1. – P. 28–34.

3. Kamenskikh S.V. Development of a compounding of the biopolymer colmataging mix for elimination of absorption in permeable rocks // Construction of Oil and Gas Wells on Land and at Sea: Scientific and Technical Journal. – M. : VNIIOENG. – 2017. – № 7. – P. 15–21.

4. Kamenskikh S.V., Ulyasheva N.M. Study of the washing ability of buffer liquids // Construction of Oil and Gas Wells on Land and at Sea: Scientific and Technical Journal. – M. : VNIIOENG, 2018. – № 3. – P. 21–26.

5. Voronik A.M., Kamenskikh S.V., Ulyasheva N.M. Development and study of a lightweight corrosion-resistant cement mixture for fastening highly permeable rocks containing aggressive fluids // Construction of Oil and Gas Wells on Land and at Sea: Scientific and Technical Journal. – M. : VNIIOENG, 2020. – № 1. – P. 40–45.

6. Research and development of the lightweight corrosion-resistant cement blend for well cementing in complex geological conditions / S. Kamenskikh [et al.] // SPE 191509-MS / SPE Russian Petroleum Technology Conference. – M., 2018. – 13 p. Society of Petroleum Engineers. – URL : https://doi.org/10.2118/191509-18RPTC-MS.