



УДК 622.24

## ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ОТМЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУФЕРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

### STUDYING OF WAYS OF INCREASE IN THE WASHING ABILITY OF BUFFER LIQUIDS

**Вороник Алексей Михайлович**

старший преподаватель кафедры бурения,  
Ухтинский государственный технический университет  
avoronic@ugtu.net

**Дорошенко Александр Сергеевич**

бакалавр по направлению «Нефтегазовое дело»,  
Ухтинский государственный технический университет  
zav\_bs@ugtu.net

**Каменских Сергей Владиславович**

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

**Уляшева Надежда Михайловна**

кандидат технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой бурения,  
Ухтинский государственный технический университет  
nulyasheva@ugtu.net

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема разрушения и смыва фильтрационной корки бурового раствора буферными жидкостями при креплении скважин. В работе представлены результаты лабораторных исследований по изучению способов повышения отмывающей способности буферных жидкостей. На основании проведенных экспериментов исследованы и установлены зависимости интенсивности фильтрации буферных жидкостей от скорости их течения, типа и концентрации буровых растворов, неорганических солей, дополнительных реагентов, абразивного материала и др.

**Ключевые слова:** буферные жидкости, интенсивность фильтрации, фильтрационная корка, неорганические соли (электролиты).

**Voronik Aleksey Mikhailovich**

Senior Lecturer in the drilling department,  
Ukhta State Technical University  
avoronic@ugtu.net

**Doroshenko Alexander Sergeevich**

Bachelor's degree in Oil and Gas,  
Ukhta State Technical University  
zav\_bs@ugtu.net

**Kamenskih Sergey Vladislavovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Assistant Professor of drilling,  
Ukhta State Technical University  
skamenskih@ugtu.net

**Ulyasheva Nadezhda Mikhailovna**

Candidate of Technical Sciences, Professor,  
Head of the drilling department,  
Ukhta State Technical University  
nulyasheva@ugtu.net

**Annotation.** In article the problem of destruction and washout of a filtrational crust of drilling mud is considered by buffer liquids when fastening wells. In work results of laboratory researches on studying of ways of increase in the washing ability of buffer liquids are presented. On the basis of the made experiments dependences of intensity of filtration of buffer liquids on the speed of their current, type and concentration of drilling muds, inorganic salts, additional reagents, abrasive material, etc. are investigated and established.

**Keywords:** buffer liquid, the intensity of the filtering, filter cake, inorganic salts (electrolytes).

Для повышения качества цементирования обсадных колонн в большинстве случаев между буровым и цементным растворами размещают буферную жидкость, выполняющую целый ряд важных функций, в том числе, разрушение и смыв со стенок скважины фильтрационной корки, что представляет определенные трудности, особенно, при использовании биополимерных и полимерглинистых буровых растворов.

В работах [1, 2] предлагается в качестве моющей буферной жидкости использовать составы, в которых, кроме синтетических моющих средств, содержатся неорганические соли, способные разрушать полимерную пленку, обеспечивая её «разрыхление» за счет физико-химического взаимодействия. Использование водных растворов неорганических солей в качестве буферных жидкостей известно давно и применяется во многих нефтегазовых регионах [3, 4 и др.].

Исследования, проведенные на кафедре бурения ФГБОУ ВО «Ухтинского государственного технического университета» («УГТУ») [1, 2], позволили установить, что проницаемость фильтрационных корок малополимерных полимерных буровых растворов увеличивается в большей степени при использовании многокомпонентных буферных жидкостей, в частности:

– 0,5 % стабилизатора (КМЦ), 10 % неорганического электролита ( $\text{CaCl}_2$  или  $\text{KCl}$ ) и 0,05–0,1 % НТФ;



– 0,5 % стабилизатора (КМЦ), 10 % неорганического электролита ( $\text{CaCl}_2$ , или  $\text{KCl}$ , или  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) и 0,1–0,2 % Atren SA.

Одной из проблем при разрушении и отмывании фильтрационной корки в процессе цементирования является неизбежное смешивание буферной жидкости с буровым раствором, существенно ухудшая ее отмывающую способность [3–5 и др.]. При этом, чем выше процент смешивания буферной жидкости буровым раствором, тем больше потери отмывающей способности. Для оценки влияния процесса смешивания на отмывающую способность были проведены лабораторные эксперименты, суть которых заключалась в определении фильтрационных потерь буферных жидкостей, смешанных с буровым раствором Optima в концентрациях 25, 50 и 75 %, через сформированные фильтрационные корки. В результате проведенных исследований установлено, что практически все виды буферных жидкостей [1, 2] при смешении с буровым раствором Optima снизили свою отмывающую способность. При этом добавление в буферные жидкости буровых растворов в концентрациях 25, 50, 75 % способствовало снижению фильтрационных потерь в среднем на 10, 30, 60 % соответственно. Аналогичные выводы сделаны в работе [5], в которой показано, что поступление в буферную жидкость бурового раствора в концентрациях 25 и 50 % не оказывает значимого влияния на отмывающую способность буфера, 75 % – ухудшает моющую способность. Решение проблемы смешивания возможно либо добавлением дополнительного буфера, например, технической воды в объеме 1–2 м<sup>3</sup>, либо увеличением объема моющей буферной жидкости. В обоих случаях максимально допустимая длина столба буферной жидкости определяется углом наклона ствола в интервале цементирования и пластовым давлением, которому соответствует наибольшее значение градиента давления в скважине.

Другой довольно значимой проблемой при отмывании фильтрационной корки в процессе цементирования является время контакта буферной жидкости со стенками скважины, которое в промысловых условиях чаще всего не превышает 5–10 минут, что может значительно снизить моющую способность буфера.

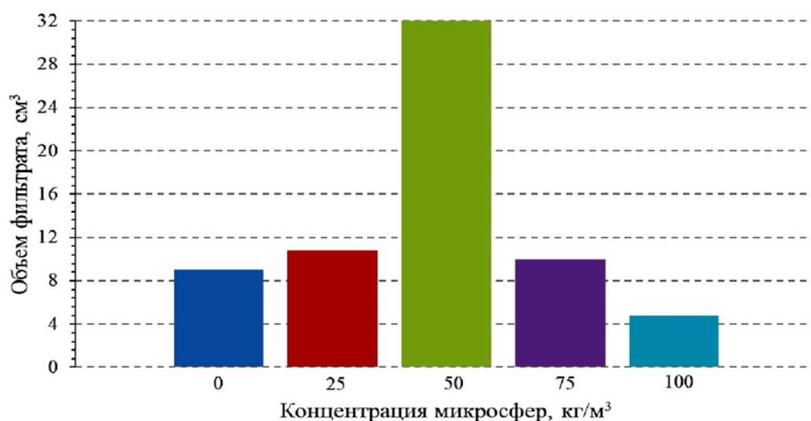
Повысить отмывающую способность буферных жидкостей в условиях ограниченного времени их взаимодействия с фильтрационной коркой можно либо турбулизацией потока, либо увеличением объема буфера, либо добавлением в нее абразивного компонента. Турбулизация потока является достаточно эффективным способом, дополнительно разрушающим фильтрационную корку, но, к сожалению, при наличии в разрезе проницаемых горных пород не всегда возможна из-за опасности возникновения поглощений. Увеличение объема буферной жидкости ограничено максимально допустимой высотой столба буфера с целью предупреждения заколонных флюидопроявлений и межпластовых перетоков, но с учетом названного ограничения рекомендуется, чтобы объем моющей буферной жидкости составлял не менее 5–6 м<sup>3</sup>. Наиболее оптимальным способом усиления отмывающей способности буферных жидкостей в ограниченное время взаимодействия, на наш взгляд, является добавление в буфер абразивного (эрозионного) компонента.

На кафедре бурения ФГБОУ ВО «УГТУ» для оценки влияния абразивного компонента на отмывающую способность буферных жидкостей был проведен ряд экспериментов. В качестве эрозионного материала использовалось гранулированное пеностекло (ГПС) дисперсностью 0,25–0,5 мкм в различных концентрациях (2,5, 5,0, 7,5 и 10,0 %).

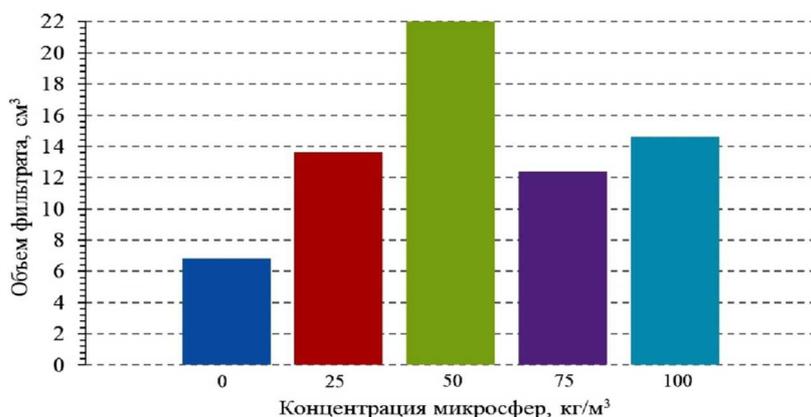
Эксперименты проводились в три этапа. Первый этап заключался в приготовлении буровых растворов (Poly Plus, Voremax, Optima) и формировании на фильтропрессе фильтрационных корок при давлении 0,7 МПа в течение 30 мин. Второй этап включал в себя приготовление буфера (0,5 % КМЦ, 0,1 % НТФ и 10 %  $\text{CaCl}_2$ ), который помещали в цилиндр со сформированной коркой, после чего с помощью лабораторного перемешивателя при частоте вращения 1000 об/мин. (1,6 м/с) в течение 5 минут имитировалось течение буфера по стволу скважины. Третий этап заключался в определении фильтрационных потерь воды через сформированные корки, обработанные моюще-эрозионной буферной жидкостью (МЭБЖ). При этом интенсивность разрушения корок оценивалась косвенно по изменению объема отфильтрованной воды.

Проведенные исследования позволили выявить оптимальные концентрации ГПС в составе буферной жидкости (0,5 % КМЦ, 0,1 % НТФ и 10 %  $\text{CaCl}_2$ ) для различных типов буровых растворов: Poly Plus, Voremax, Optima. Согласно полученным результатам исследований (рисунки 1–3) сделаны следующие выводы:

1. Значительное увеличение фильтрации воды после моюще-абразивного воздействия на фильтрационные корки, полученные из буровых растворов Poly Plus и Voremax, объясняется зависимостью проницаемости фильтрационной корки от соотношения коллоидной составляющей бурового раствора и грубодисперсного материала (ГПС). За счет эрозионных и коагуляционных процессов происходит частичное разрушение корки и появляется пространство между вновь образованными агрегатами. Это пространство во время опыта заполняется гранулами пеностекла, за счет чего происходит закупорка пор и уменьшение показателя фильтрации, а концентрация ГПС в 50 кг/м<sup>3</sup> для данных компонентных составов МЭБЖ является оптимальной (рис. 1, 2).

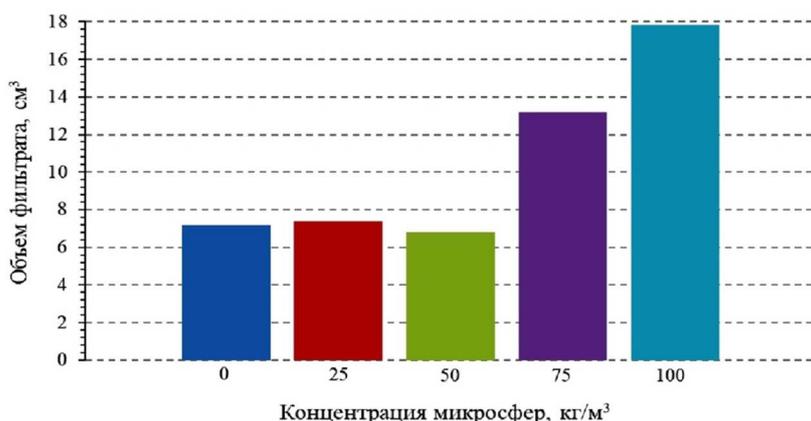


**Рисунок 1** – Зависимость фильтрационных потерь воды через корки раствора Poly Plus, обработанные МЭБЖ, от концентрации ГПС (0, 25, 50, 75, 100 кг/м³)



**Рисунок 2** – Зависимость фильтрационных потерь воды через корки раствора Boremax, обработанные МЭБЖ, от концентрации ГПС (0, 25, 50, 75, 100 кг/м³)

2. Наибольший показатель фильтрации при исследовании фильтрационных корок из бурового раствора Optima наблюдается при концентрации 100 кг/м³ ГПС в МЭБЖ. Это указывает на то, что при 30 кг/м³ глинистого материала в составе бурового раствора Optima и с учетом соотношения двух концентраций, используемых материалов, достигается наибольший эффект абразивного воздействия как эрозионного материала (рис. 3).



**Рисунок 3** – Зависимость фильтрационных потерь воды через корки раствора Optima, обработанные МЭБЖ, от концентрации ГПС (0, 25, 50, 75, 100 кг/м³)

На кафедре бурения ФГБОУ ВО «УГТУ» для оценки скорости течения буферной жидкости на отмывающую способность буфера были проведены лабораторные эксперименты, суть которых заключалась в следующем.

Приготавливались буровые растворы (Optima, Poly Plus, Boremax) и на фильтропрессе формировались фильтрационные корки при давлении 0,7 МПа в течение 30 минут, после чего они взвешивались.



Приготавливались буферные жидкости (0,5 % стабилизатора (КМЦ), 10 % неорганического электролита ( $\text{CaCl}_2$  и  $\text{KCl}$ ) и 0,1 % НТФ), которые помещали в цилиндр со сформированной фильтрационной коркой, после чего с помощью лабораторного перемешивателя при различных частотах вращения, соответствующих линейным скоростям 1,0, 2,2 и 4,7 м/с, в течение 5 и 10 минут имитировалось течение буферной жидкости по стволу скважины. После этого фильтрационные корки снова взвешивались.

Результаты исследований представлены на рисунках 4–9.

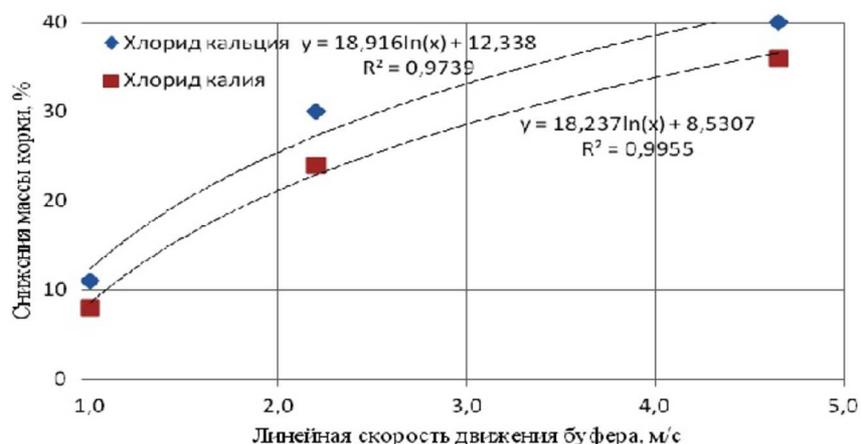


Рисунок 4 – Зависимость снижения массы корки от скорости течения буфера за 5 минут (Optima)

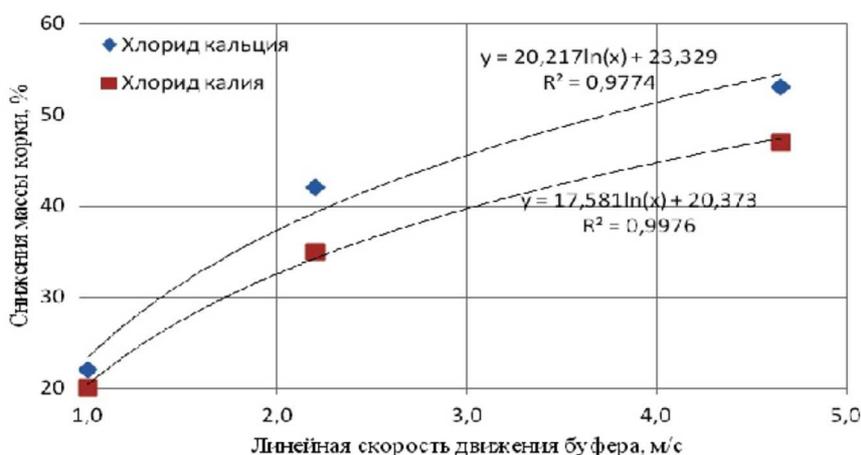


Рисунок 5 – Зависимость снижения массы корки от скорости течения буфера за 10 минут (Optima)

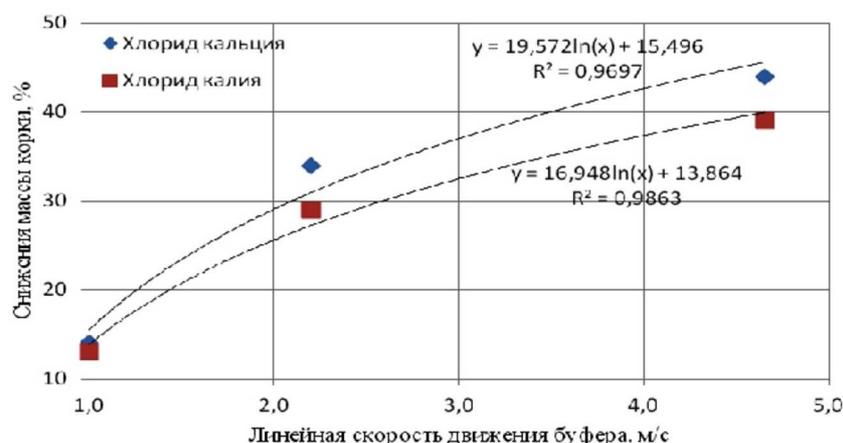


Рисунок 6 – Зависимость снижения массы корки от скорости течения буфера за 5 минут (Poly Plus)

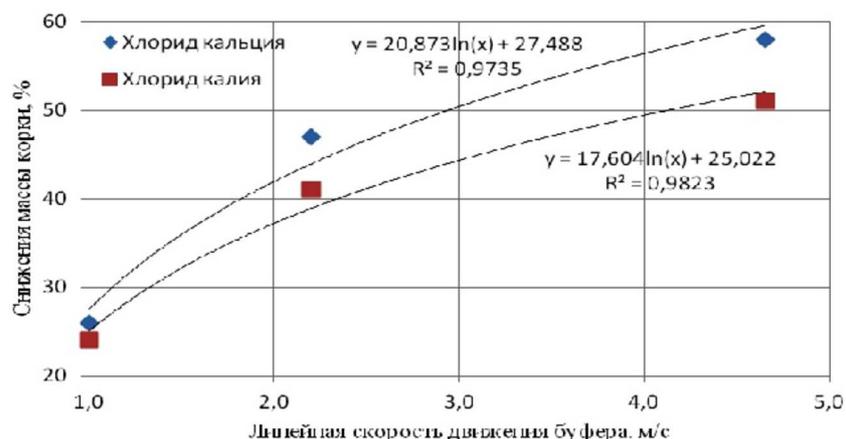


Рисунок 7 – Зависимость снижения массы корки от скорости течения буфера за 10 минут (Poly Plus)

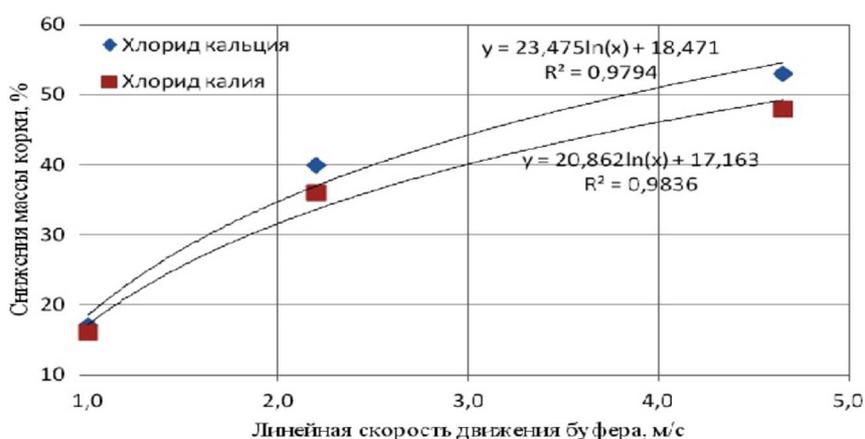


Рисунок 8 – Зависимость снижения массы корки от скорости течения буфера за 5 минут (Boremax)

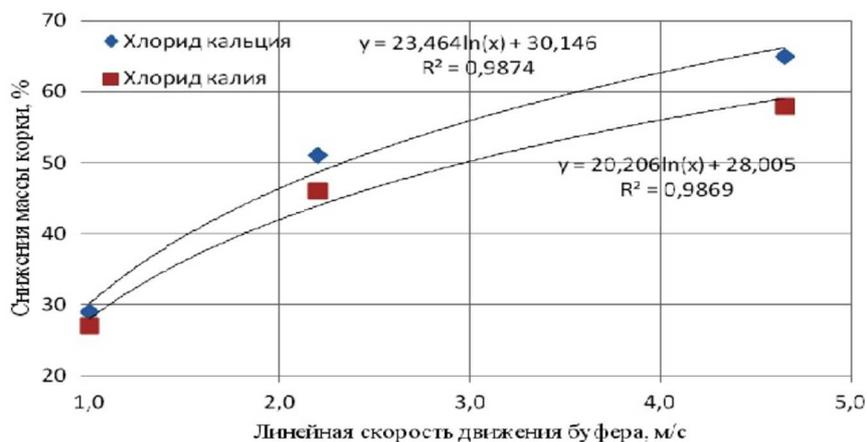


Рисунок 9 – Зависимость снижения массы корки от скорости течения буфера за 10 минут (Boremax)

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Увеличение скорости движения буферной жидкости с 1,0 до 2,2 м/с способствует уменьшению массы фильтрационной корки как за 5, так и за 10 минут в среднем на 20 и 17 % при использовании в составе буфера CaCl<sub>2</sub> и KCl соответственно. Повышение скорости течения буфера с 2,2 до 4,7 м/с приводит к снижению массы фильтрационной корки за 5 и 10 минут в среднем на 11 % как при использовании в составе буферной жидкости CaCl<sub>2</sub>, так и KCl.

2. Увеличение времени воздействия буферной жидкости на фильтрационную корку с 5 до 10 минут приводит к уменьшению массы корки в среднем на 12 и 11 % при использовании в составе буфера CaCl<sub>2</sub> и KCl соответственно.



В целом, на основании проведенных исследований отмывающей способности буферных жидкостей можно сделать следующие выводы.

1. Установлено, что поступление в буферную жидкость бурового раствора в концентрациях 25 и 50 % при их смешивании не оказывает значимого влияния на отмывающую способность буфера, 75 % – значительно снижает моющую способность. Поэтому рекомендуется использовать моющую буферную жидкость в объеме не менее 5–6 м<sup>3</sup>, но с обязательным учетом максимально допустимой высоты столба буфера с целью предупреждения заколонных проявлений и межпластовых перетоков.

2. Добавление в состав моющей буферной жидкости абразивного материала (ГПС) увеличивает отмывающую способность буфера. При этом при использовании буровых растворов Poly Plus и Vogemax оптимальная концентрация ГПС составляет 5 %, Optima – 10 %.

3. Увеличение скорости движения буферной жидкости с 1,0 до 2,2 м/с способствует уменьшению массы фильтрационной корки в среднем на 18,5 %, повышение скорости течения буфера с 2,2 до 4,7 м/с – снижению массы корки в среднем на 11 %. Увеличение времени воздействия буферной жидкости на фильтрационную корку с 5 до 10 минут приводит к уменьшению массы корки в среднем на 11,5 %.

#### Литература:

1. 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.
2. Каменских С.В., Уляшева Н.М. Оценка и анализ отмывающей способности буферных жидкостей // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 3. – С. 140–145.
3. Ашрафьян М.О. Повышение качества разобщения пластов в глубоких скважинах. – М. : Недра, 1989. – 228 с.
4. Булатов А.И. Детективная биография герметичности крепи нефтяных и газовых скважин. 3-е изд. – Краснодар : Просвещение-Юг, 2009. – 934 с.
5. Мунзаров Т.И., Лутфуллин Т.Р. Оценка изменения качества буферных жидкостей при их смешении с буровым раствором // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2017 : сборник трудов международной научно-технической конференции в 2-х т. / отв. ред. В.Ш. Мухаметшин. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 265–268.

#### References:

1. Kamenskikh S.V., Ulyasheva N.M. Research of the washing ability of buffer liquids // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG, 2018. – № 3. – P. 21–26.
2. Kamenskikh S.V., Ulyasheva N.M. Assessment and the analysis of the washing ability of buffer liquids // Bulatovskiyе of reading. – 2018. – V. 3. – P. 140–145.
3. Ashrafyan M.O. Improvement of quality of dissociation of layers in deep wells. – M. : Nedra, 1989. – 228 p.
4. Bulatov A.I. Detective biography of tightness of a timbering of oil and gas wells. – 3rd prod. – Krasnodar : Prosveschenien Yug, 2009. – 934 p.
5. Munzarov T.I., Lutfullin T.R. Assessment of change of quality of buffer liquids at their mixture with drilling mud // Modern technologies in oil and gas business – 2017 : the collection of works of the international scientific and technical conference in 2 v. / under a general edition V.Sh. Mukhametshin. – Ufa : UGNTU publishing house, 2017. – V. 1. – P. 265–268.