

Добыча полезных ископаемых

DOI: 10.34828/UdSU.2024.57.99.002

УДК 622.276.8

Г.С. Савичев, С.Ю. Борхович, Н.Г. Трубицына

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ (РИР) С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ

Аннотация. В статье рассмотрены текущие проблемы проведения ремонтно-изоляционных работ с использованием тампонажного цемента. Приведены результаты исследований процесса полимеризации и сшивания реагента АЦФ-75 в присутствии катализатора. Рассмотрена применимость данного реагента для использования в качестве тампонажного агента. Ацетон-формальдегидная смола (АЦФ) применяется с целью создания бетонов высокой прочности, морских платформ и многоэтажных зданий. АЦФ представляет собой бесцветный или коричневый порошок, который является продуктом химической реакции ацетона и формальдегида. В ходе реакции их молярное соотношение составляет 1:2 или же 1:3, а сам процесс происходит в щелочной среде. При реакции АЦФ с щелочным раствором образуется прочное полимерное соединение, устойчивое к механическим воздействиям и коррозионной агрессивности.

Ключевые слова: ремонтно-изоляционные работы (РИР), полимерные смолы, ацетон-формальдегидная смола, АЦФ, селективная изоляция.

Для цитирования: Савичев Г.С., Борхович С.Ю., Трубицына Н.Г. Совершенствование технологии проведения ремонтно-изоляционных работ (РИР) с помощью применения синтетических смол // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.3. URL:<https://technosphere-ing.ru> С. 386–396. DOI: 10.34828/UdSU.2024.57.99.002.

Актуальность

На текущий день при разработке нефтяных месторождений Удмуртской Республики все больше возрастает необходимость в проведении ремонтно-изоляционных работ (РИР) в скважинах. Данный факт обуславливается ростом коррозионной агрессивности в связи с отсутствием инфраструктуры для надлежащей подготовки нагнетаемой воды при использовании заводнения, как способа поддержания пластового давления, которое влияет на состояние

эксплуатационных колонн (ЭК). В добавление к вышеперечисленному, большое влияние на состояние ЭК оказывает их возраст, который на 4 стадии разработки может превышать несколько десятков лет.

Ввиду вышеперечисленных особенностей разработки нефтяных месторождений на 4 стадии, своевременность и качество РИР может играть первостепенную роль в процессе эффективного нефтеизвлечения. Благодаря изоляции водопритоков и ремонту эксплуатационных колонн возможно повышение коэффициента нефтеизвлечения. За счет отсечения поступающей воды в скважину происходит уменьшение гидростатического давления столба жидкости при одинаковом динамическом уровне, что говорит об увеличении депрессии на пласт и, как следствие, увеличении дебита скважины.

Необходимо рассмотреть, что подразумевается под понятием РИР в целом. Ремонтно-изоляционные работы проводят в двух случаях. Первый случай – восстановление целостности ЭК с целью ликвидации аварий (заколонных перетоков, смещений колонн и различных негерметичностей). Причем причинами нарушения целостности ЭК могут быть не только технологические факторы, такие как ошибки при сооружении скважины или проведения геолого-технических мероприятий, но и природные факторы, в конечном счете приводящие к различным осложнениям в ходе ремонта [1]. Второй – отсечение водопритоков для снижения обводненности продукции и восстановления/увеличения дебита по нефти. Основные причины роста обводненности продукции следующие: недостоверные данные ГИС при проведении ГТМ (вскрытие водоносных или выработанных обводнившихся пропластков), образование водяного конуса вследствие продолжительной высокой депрессии на пласт, межпластовые перетоки, прорыв воды по наиболее проницаемым частям пласта, подход фронта нагнетания к добывающей скважине вследствие длительной разработки [2].

Проектируемое решение

В текущих реалиях многие нефтедобывающие компании (НК) (в том числе крупные НК, такие как Газпром и Роснефть) применяют в качестве базового тампонажного состава портландцемент и его смеси с различными добавками [3]. К его преимуществам можно отнести дешевизну, легкодоступность и относительно простой процесс приготовления раствора. Однако по информации из различных источников и промышленного опыта, по Удмуртской Республике, до 60% РИР с помощью тампонажного цемента являются малоэффективными из-за повторного прорыва воды. Средняя длительность эффекта от изоляции по этим скважинам составляет менее 9 месяцев [4].

АЦФ является альтернативой тампонажному цементу, который используется в нефтедобывающей отрасли для изоляции водопритоков.

Ключевым преимуществом цемента, по сравнению с синтетическими смолами, является его дешевизна. В настоящее время цена АЦФ выше стоимости тампонажного цемента более чем в 20 раз (в зависимости от завода-изготовителя и поставщика). В связи с этим, необходимо рассмотреть свойства предлагаемого тампонажного агента и проанализировать случаи его успешного применения.

К главным преимуществам АЦФ, по сравнению с цементом, можно отнести низкую вязкость, и, как следствие, хорошую фильтруемость в пористой среде (характеристики раствора АЦФ-75 представлены в табл. 1).

Таблица 1

Характеристики раствора АЦФ-75

Параметр	Значение
Плотность при $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$, г/см ³	1,22
Растворимость в воде при $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$	Полная
Вязкость условная при $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ по вискозиметру ВЗ-246 с соплом диаметром 4 мм, сек	30-70 (в зависимости от концентрации)

Данные свойства позволяют осуществлять точный контроль за процессом цементации: глубиной проникновения в пласт, моментом начала отверждения. Из положительных свойств также можно выделить малую усадку при образовании полимерного камня, что непосредственно влияет на удержание тампонажного материала в порах и трещинах, и его адгезию к породе. Прочностные характеристики возможных вариантов растворов АЦФ представлены в табл. 2.

Адгезионные характеристики представлены на рис. 1.

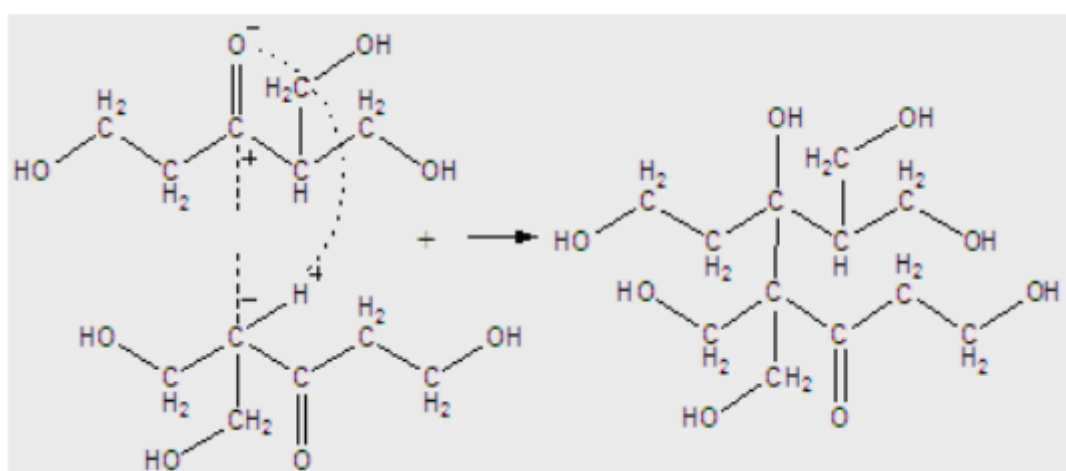


Рис. 1. процесс сшивания молекул АЦФ в присутствии катализатора (едкого натра)

Поскольку свойства тампонажного материала, используемого в ходе РИР, напрямую влияют на их эффективность, можно прийти к выводу, что цемент, который наиболее часто выбирается недропользователями для проведения изоляционных работ, значительно уступает рассматриваемому материалу – АЦФ. Растворы и суспензии на основе цемента почти не проникают в поры, каналы, трещины породы; у получаемого при проведении РИР цементного камня отсутствует необходимая адгезия к поверхностям стенок скважины. При проведении изоляции пластов с высокой проницаемостью цемент может оказаться лучше АЦФ из-за низкой стоимости и отсутствия необходимости в хорошей проникающей способности. Но в условиях низкой проницаемости обводнившихся интервалов или в случае ликвидации нарушения целостности

ЭК, наилучшим решением будет использование синтетических смол вместо тампонажного цемента [5].

Для приготовления раствора на основе данного состава необходима только вода и щелочи на основе натрия (NaOH), чтобы создать раствор с заданной концентрацией.

В ходе исследований процесса начала отверждения АЦФ при помощи катализатора (NaOH) была выявлена прямая зависимость увеличения межмолекулярных водородных соединений от увеличения содержания едкого натра в составе смеси. Этот факт может быть объяснен тем, что в присутствии сильной щелочи часть карбонильных групп претерпевает превращение в дипольную (объединяются в соединение, внешне напоминающее две одинаковых молекулы, соединенные перешейком). Образующиеся гидроксигруппы образуют водородные связи с атомом кислорода оставшихся карбонильных групп, на которых сконцентрирован достаточно высокий отрицательный заряд (рис. 1) [6].

Приготовление раствора АЦФ производят следующим образом:

Сначала необходимо приготовить раствор NaOH. Для этого смешивается едкий натр с водой, а затем они разделяются на две равные порции;

К порошку АЦФ, в миксере или с использованием перемешивающих устройств, добавляют первую порцию водного раствора NaOH и тщательно перемешивают до образования однородной массы. Смесь выдерживают от 60 до 120 мин. Повторно производится постепенное перемешивание и добавляется вторая часть раствора едкого натра. При это достигается следующее массовое соотношение реагентов (приведен один из возможных вариантов раствора): АЦФ 80-95%, NaOH 1-2%, остальное – вода;

Смесь вновь тщательно перемешивается до получения однородной массы, и затем готовый тампонажный раствор закачивают в скважину.

Прочностные характеристики других возможных вариантов растворов ацетон-формальдегидной смолы приведены ниже в табл. 2.

Таблица 2

Прочностные характеристики вариантов растворов АЦФ

П/ П	Тампонажный состав, % масс.			Температура тампонажного состава, °С		Время отверждения в зависимости от объема приготавливаемого тампонажного состава, ч-мин		Прочность на сжатие, МПа, через 28 сут	Усадка через 28 сут
	Ацетон-формальдегидная смола	Едкий натр	Вода	Через 15 минут	Через 60 минут	500 см ³	2000 см ³		
1	80	2,0	18,0	23,6	31,0	2–30	2–10	15,43	Усадка не наблюдается
2	85	2,0	13,0	25,0	29,0	1–30	1–15	16,52	
3	85	1,0	14,0	22,1	24,4	7–00	6–45	12,21	
4	90	1,5	8,5	24,4	28,5	2–00	1–40	15,56	
5	95	1,0	4,0	22,5	25,2	5–50	5–20	13,74	

Также выполнена оценка возможности использования АЦФ в смеси с классическим тампонажным цементом для удешевления стоимости композиции. Ниже, на рис. 2, представлены результаты сопоставления прочностных свойств АЦФ и его аналогов (других синтетических композиций) при различных содержаниях объемной доли вещества в цементном растворе.

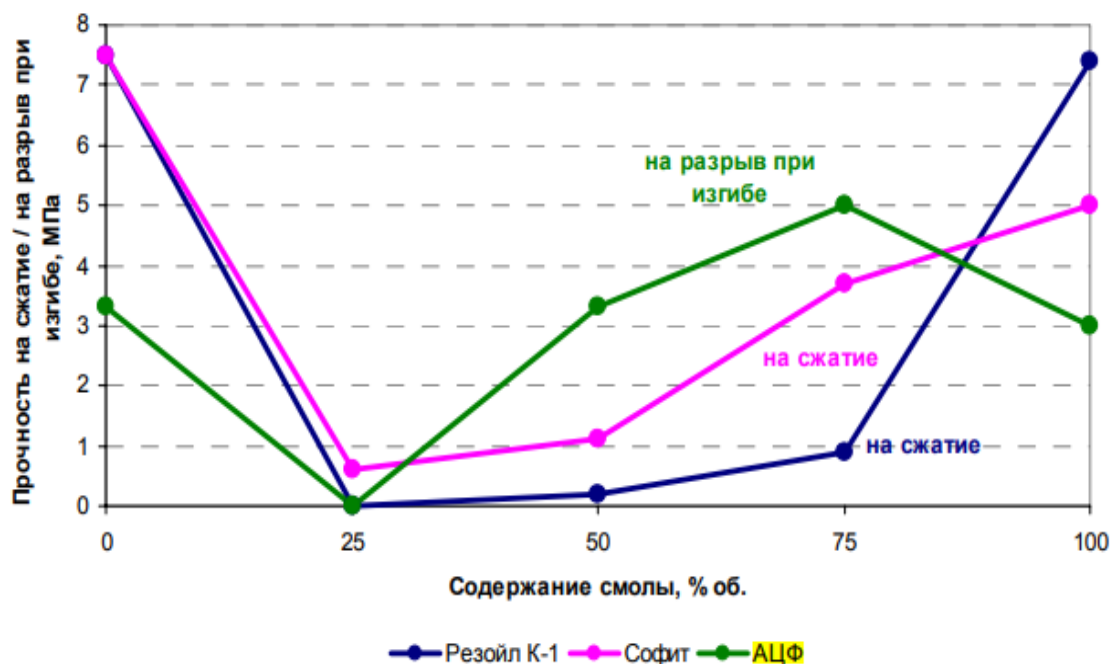


Рис. 2. Прочностные характеристики отвержденных растворов смолы, цемента и их смесей

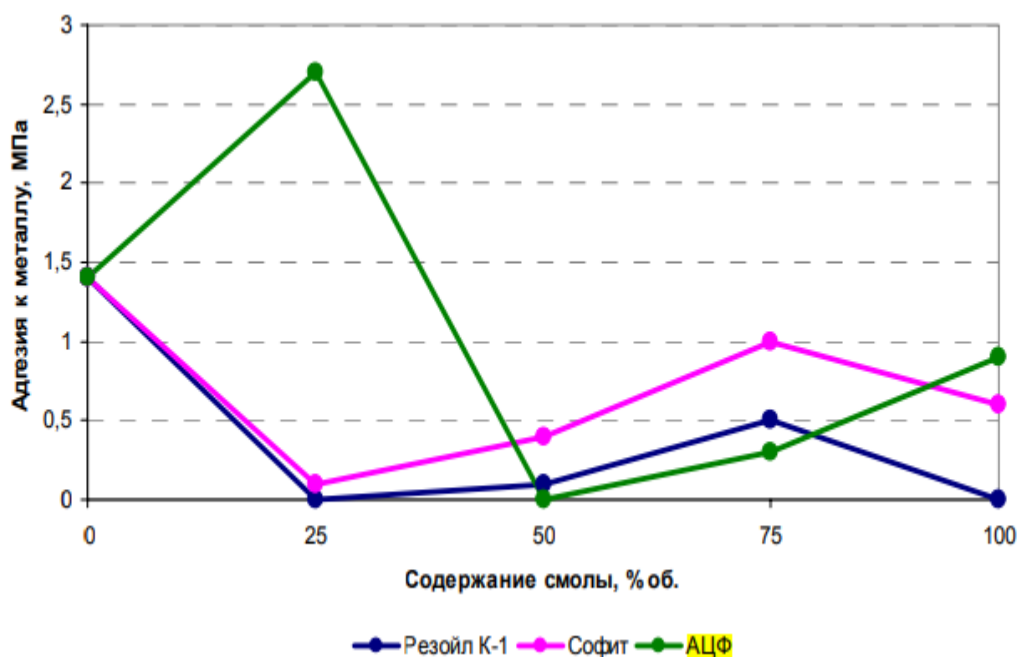


Рис. 3. Изменение адгезии отвержденных растворов смолы, цемента и их смесей

Из рис. 2 можно понять, что прочностные свойства смеси цемента и АЦФ могут изменяться в широких пределах в зависимости от соотношения обоих

веществ. Следует отметить, что имеет место некоторый синергетический эффект. При объемной доле АЦФ в смеси равной 75% прочностные свойства полученного состава превышают исходные значения у «чистых» растворов цемента и смолы. При рассмотрении рис. 3 также можно увидеть усиление адгезионных свойств раствора смолы и цемента при определенном их соотношении. Однако в данном случае синергетический эффект наблюдается при ином соотношении веществ [7].

Опытно-промышленные испытания АЦФ проводились на 43 скважинах ОАО «Татнефть». Испытания проводились с целью ликвидации нарушений эксплуатационных колонн и цементных колец. В ходе проведения испытаний было установлено, что успешность применения данного тампонажного агента составила около 70% [8].

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что применение АЦФ вместо тампонажного цемента наиболее целесообразно при изоляции водопритоков низкопроницаемых коллекторов или ликвидации заколонных перетоков/негерметичностей ЭК ввиду низкой вязкости и хорошей проникающей способности синтетических смол. В случае попыток изоляции высокопроницаемых пластов использование смолы будет экономически нецелесообразным по причине необходимости больших объемов закачки из-за низкой вязкости смолы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тупысев М.К. Современные способы ликвидации нефтегазовых скважин (на основании исследования патентных источников) // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 4(27). URL: https://oilgasjournal.ru/issue_27/tupysev.pdf (дата обращения: 15.03.2024).
- 2 Демахин С. А., Демахин А. Г. Селективные методы изоляции водопритока в нефтяные скважины. Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2003. 167 с.

- 3 Теория и практика ремонтно-изоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах: учебное пособие / И. И. Клещенко, Г. П. Зозуля, А. К. Ягафаров. Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. 344 с.
- 4 Кореняко А. В., Лукьянов Ю. В., Петров Н. А. Селективная изоляция водопритоков на скважинах полиуретановой композиции // Нефтегазовое дело. 2006. № 2. С. 24.
- 5 Рогачев М. К., Стрижнев К. В. Борьба с осложнениями при добыче нефти. М.: Недра, 2006. 293 с.
- 6 Отверждение ацетонформальдегидной смолы в щелочной среде / А. К. Сахапова, О. Н. Кузнецова, В. П. Архиреев, Р. Р. Кадыров // Вестник Казанского технологического университета. 2007. С.65 – 70.
- 7 Стрижнев К. В., Нигматуллин Т. Э. Разработка рецептур композиций на основе синтетических смол для изоляции водопритока в нефтяные скважины // Башкирский химический журнал. 2011. Т.18. №1. С. 42 – 48.
- 8 Сахапова А.К. Ацетано- и карбамидоформальдегидные смолы в качестве тампонажных материалов для ремонтноизоляционных работ в скважинах: автореферат на соискание канд.техн.наук. Казань, 2006. 18 с.

Поступила в редакцию: 07.05.2024

Сведения об авторах

Савичев Григорий Сергеевич

Магистрант, Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: frolovsgs@gmail.com

Борхович Сергей Юрьевич

К.т.н., доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: syborhovich@yandex.ru

Трубицына Наталья Геннадьевна

к.т.н., доцент, Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: trnat@List.ru

G.S. Savichev, S.Yu. Borkhovich, N.G. Trubicyna

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF REPAIR-INSULATION WORKS WITH THE USE OF SYNTHETIC RESINS

Annotation. In the article, the current problems of repair-insulation works with the use of plugging cement are considered. The results of studying the process of polymerization and cross-linking of ACF-75 reagent in the presence of a catalyst are given. The applicability of this reagent for use as a plugging agent is considered. Acetone-formaldehyde resin (ACF) is used for the purpose of creating high strength concrete, offshore platforms and multi-storey buildings. ACF is a colorless or brown powder that is the product of a chemical reaction between acetone and formaldehyde. During the reaction, their molar ratio is 1:2 or 1:3, and the process takes place in an alkaline environment. At reaction of ACF with alkaline solution a strong polymeric compound resistant to mechanical influences and corrosive aggressiveness is formed.

Keywords: repair and insulation works, polymer resins, acetone-formaldehyde resin, ACF, selective insulation.

For citation: Savichev G.S., Borkhovich S.Yu., Trubicyna N.G. [Improvement of the technology of repair-insulation works with the use of synthetic resins] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 3. (In Russ.). Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 386–396. DOI: 10.34828/UdSU.2024.57.99.002.

REFERENCES

- 1 Tupysev M.K. *Sovremennyye sposoby likvidatsii neftegazovykh skvazhin (na osnovanii issledovaniya patentnykh istochnikov)* [Modern methods of liquidation of oil and gas wells (based on research of patent sources)]. *Aktual'nye problemy nefti i gaza [Actual problems of oil and gas]*. 2019, vol. 4(27). Available at: https://oilgasjournal.ru/issue_27/tupysev.pdf (Accessed: 15.03.2024). (In Russ.).
- 2 Demakhin S. A., Demakhin A. G. *Selektivnyye metody izolyatsii vodopritoka v neftyanye skvazhiny*. [Selective methods of isolation of water inflow into oil wells]. Saratov: GosUNTs Kolledzh, 2003. 167 p. (In Russ.).
- 3 Kleshchenko I. I., Zozulya G. P., Yagafarov A. K. *Teoriya i praktika remontno-izolyatsionnykh rabot v neftyanykh i gazovykh skvazhinakh: uchebnoe posobie*. [Theory and practice of repair and insulation works in oil and gas wells: a textbook]. Tyumen: TyumGNGU, 2010, 344 p. (In Russ.).
- 4 Korenyako A.V., Luk'yanov Yu.V., Petrov N.A. *Selektivnaya izolyatsiya vodopritokov na skvazhinakh poliuretanovoi kompozitsii* [Selective isolation of water flows at wells of

- polyurethane composition]. *Neftegazovoe delo [Oil and gas business]*. 2006, no. 2, P. 24. (In Russ.).
- 5 Rogachev M. K., Strizhnev K. V. Bor'ba s oslozhneniyami pri dobyche nefti. [Struggle with complications in oil production]. M.: Nedra, 2006, 293 p. (In Russ.).
 - 6 Sakhapova A. K., Kuznetsova O. N., Arkhireev V. P., Kadyrov R. R. Otverzhdienie atsetonformal'degidnoi smoly v shchelochnoi srede [Curing of acetoneformaldehyde resin in an alkaline medium]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological university]*. 2007, pp.65 – 70. (In Russ.).
 - 7 Strizhnev K. V., Nigmatullin T. E. Razrabotka retseptur kompozitsii na osnove sinteticheskikh smol dlya izolyatsii vodopritoka v neftyanye skvazhiny [Development of formulations of compositions based on synthetic resins for isolation of water inflow into oil wells]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal [Bashkir Chemical Journal]*. 2011, vol.18, no.1, pp. 42 – 48. (In Russ.).
 - 8 Sakhapova A.K. *Atsetono- i karbamidoformal'degidnye smoly v kachestve tamponazhnykh materialov dlya remontnoizolyatsionnykh rabot v skvazhinakh: avtoreferat na soiskanie kand.tekhn.nauk.* [Acetone- and urea-formaldehyde resins as grouting materials for repair and insulation work in wells: abstract for the Candidate of Technical Sciences]. Kazan, 2006, 18 p. (In Russ.).

Received: 07.05.2024

About the Authors

Savichev Grigory Sergeevich

Master's student, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, Universitetskaya str., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: frolovsgs@gmail.com

Borkhovich Sergey Yurievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, Universitetskaya str., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: syborhovich@yandex.ru

Trubicyna Natalia Gennadyevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State University", 426034, Universitetskaya str., 1, Izhevsk, Russia.

E-mail: trnat@List.ru