

УДК 66.022.36

**В.И. Рябова, А.К. Филатов** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Б.А. Яхин** (ООО «НТ-ЦЕНТР», г. Уфа, Российская Федерация), **В.А. Антипов, Г.М. Сидоров** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЭМУЛЬСАЦИИ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

**V.I. Ryabova, A.K. Filatov** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **B.A. Yakhin** («NT-CENTRE» LLC, Ufa, Russian Federation), **V.A. Antipov, G.M. Sidorov** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

## RESEARCH OF REAGENT EFFICIENCY FOR CONDUCTING DEEMULUS WATER-OIL EMULSION

### Введение

Деэмульсация водонефтяных эмульсий является важной ступенью подготовки нефтяного сырья к переработке. Наличие воды в нефти удорожает ее перекачку вследствие увеличения объема жидкости и ее вязкости. Во многом глубина обезвоживания нефти зависит от действия применяемого деэмульгатора, от места его ввода и эффективности смешения с нефтью. Подбор высокоэффективного деэмульгатора для каждой водонефтяной эмульсии, каждого состава нефти выполняется экспериментальным путем, предварительно оценив результаты отделения пластовой воды.

### Цели и задачи

Провести на основе лабораторных исследований сравнительный анализ эффективности влияния на процесс деэмульсации нефти двух разработанных коагулянтов и широко используемого в промышленности деэмульгатора Рекод-118М.

### Результаты

В результате лабораторных экспериментов установлено, что наиболее эффективным из исследованных реагентов для разделения водонефтяной эмульсии является коагулянт № 1 в концентрации

### Background

Demulsification of water-oil emulsions is an important stage in the preparation of oil for processing. The presence of water in oil makes it more expensive to pump because of the increase in the volume of the liquid and its viscosity. In many respects, the depth of dehydration depends on the action of the demulsifier used, on the place of its injection, and on the efficiency of mixing with oil. The selection of a highly effective demulsifier for each oil-water emulsion, each oil composition, is carried out experimentally, having previously estimated the results of separation of formation water.

### Aims and Objectives

Conduct on the basis of laboratory studies a comparative analysis of the effectiveness of the influence on the process of demulsification of oil two developed coagulants and widely used in industry demulsifier Recod-118M.

### Results

On the basis of laboratory experiments it was established that the most effective of the reagents for separating the water-oil emulsion is coagulant No. 1 at a concentration of 100 g/t,

100 г/т, причем при комнатной температуре он эффективнее, чем широко используемый в промышленности деэмульгатор Рекод-118М.

and at room temperature it is more effective than the widely used industrial demulsifier Recod-118M.

---

---

**Ключевые слова:** нефть, эмульсия, коагулянт, деэмульгатор, реагент, вязкость, обводненность

---

---

**Key words:** oil, emulsion, coagulant, demulsifier, reagent, viscosity, water cutting

---

---

Одним из способов повышения нефтеотдачи из нефтеносных пластов на месторождениях является применение химических реагентов для обработки призабойной зоны скважины. Химический метод увеличения нефтеотдачи основан на использовании водных растворов поверхностно-активных веществ, растворов полимеров, щелочных растворов, кислот, композиций химических реагентов. Использование химических реагентов позволяет повысить коэффициент вытеснения до 20 % за счет уменьшения соотношения вязкостей нефти и воды в пласте; образования поверхностно-активных веществ, снижающих межфазное натяжение на границе раздела фаз; увеличения подвижности нефти [1]. Однако применение химических реагентов для повышения нефтеотдачи способствует образованию эмульсий. Нафтенновые кислоты легко образуют эмульсии с нефтью, но их адсорбционный слой непрочный, вследствие чего образующиеся эмульсии агрегативно неустойчивы. Эти кислоты ускоряют гидролиз хлоридов, при котором выделяется хлористый водород, и усиливают коррозионное воздействие на нефтепромысловое оборудование и трубопроводы. Для борьбы с коррозией и обеспечения надежной работы трубопроводов и технологического оборудования применяют различные ингибиторы коррозии [2-4]. При этом в сравнении с другими методами противокоррозионной защиты технологии ингибирования агрессивных сред отличаются относительной простотой и

не требуют привлечения существенных материально-технических затрат.

Добываемая на промыслах нефть содержит механические примеси, соли, растворенные газы и значительное количество пластовых вод. Обводненность добываемой нефти в России достигает 95 %.

Добыча нефти сопровождается интенсивным перемешиванием в скважине водонефтяной смеси, в результате чего происходит диспергирование. Это приводит к образованию стойких водонефтяных эмульсий. Основными причинами образования нефтяных эмульсий на промыслах являются природа самой нефти, используемая технология добычи, сбора и перемешивания нефти с водой при работе насосных агрегатов.

Наличие воды в нефти увеличивает объем жидкости, увеличивает ее вязкость и повышает затраты на электроэнергию, необходимую для перекачки нефти. Вода, содержащаяся в нефти, может оседать в низких местах трубопровода, вызывая коррозию. В местностях с холодным климатом осевшая вода может замерзнуть и закупорить трубопровод, тем самым вызвать его разрушение. При переработке нефти, содержащей эмульгированную воду, значительно понижается эффективность фракционирующих установок, конденсаторов, требуются большие затраты топлива на нагрев сырья, происходит отложение солей в теплообменниках на днищах резервуаров, а также коррозия оборудования.

С экономической точки зрения наиболее целесообразно проводить глубокое обезвоживание нефти на месторождениях для существенного снижения затрат на транспортные расходы, исключения образования стабильных эмульсий, которые трудно поддаются разрушению на нефтеперерабатывающих заводах, предохранения магистральных трубопроводов от коррозии. Поэтому подготовка нефти на промыслах занимает важное место среди основных процессов, связанных с добычей, сбором и транспортированием товарной нефти потребителю. От качества подготовленной нефти зависят эффективность и надежность работы магистрального трубопроводного транспорта для доставки нефти на нефтеперерабатывающие заводы или отправки на экспорт, качество полученных из нее продуктов.

Наиболее распространенный метод разрушения эмульсий - обезвоживание нефти на установках предварительной подготовки нефти на промыслах основан на разрушении водонефтяной эмульсии с применением деэмульгаторов.

Действие деэмульгатора в процессах обезвоживания и обессоливания заключается в ослаблении защитных слоев и разрушении бронирующего слоя, окружающего капли пластовой воды, увеличении размеров капель дисперсной фазы и последующего отстоя воды.

Устойчивость нефтяных эмульсий со временем повышается. Это связано с утолщением и увеличением прочности слоя гелеобразной пленки за счет адсорбции эмульгаторов и стабилизаторов. Процесс «старения» нефтяных эмульсий неравномерный: в начальный период процесс происходит весьма интенсивно, по мере насыщения поверхностного слоя глобул эмульгаторами постепенно замедляется и часто уже через сутки прекращается.

По истечении определенного времени пленки вокруг глобул воды становятся очень прочными и трудно поддаются разрушению.

Свежие эмульсии легче поддаются разрушению, поэтому чем раньше деэмульгатор вводится в образовавшуюся смесь нефти и воды, тем легче происходит процесс разделения эмульсии. Кроме того, для эффективного разделения эмульсии недостаточно одного введения деэмульгатора, необходимо обеспечить максимальный контакт его с обрабатываемой эмульсией, что достигается интенсивным перемешиванием и подогревом [5-11].

Проведем сравнительный анализ эффективности воздействия на процесс деэмульсации нефти двух разработанных коагулянтов и деэмульгатора Рекод-118М, широко используемого в промышленности.

Эксперимент по оценке эффективности реагентов осуществлялся при комнатной температуре и при температуре 40 °С.

*Водонефтяную эмульсию разлили в 12 пробирок по 20 мл, затем в каждую из пробирок добавили:*

- № 1 - коагулянт 1 в количестве 100 г/т;
- № 2 - коагулянт 2 в количестве 100 г/т;
- № 3 - коагулянт 1 в количестве 150 г/т;
- № 4 - коагулянт 2 в количестве 150 г/т;
- № 5 - без добавки реагентов (холостой);
- № 6 - коагулянт 1 в количестве 100 г/т;
- № 7 - коагулянт 2 в количестве 100 г/т;
- № 8 - коагулянт 1 в количестве 150 г/т;
- № 9 - коагулянт 2 в количестве 150 г/т;
- № 10 - без добавки реагентов (холостой);
- № 11 - деэмульгатор Рекод-118М в количестве 100 г/т;
- № 12 - деэмульгатор Рекод-118М в количестве 100 г/т.

В ходе исследования проводили визуальное наблюдение за расслоением эмульсии и определение количества отделившейся воды через определенный промежуток времени.

Результаты приведены на рисунках 1 и 2. Динамика отделения воды при различных температурах приведена на рисунках 3 и 4.

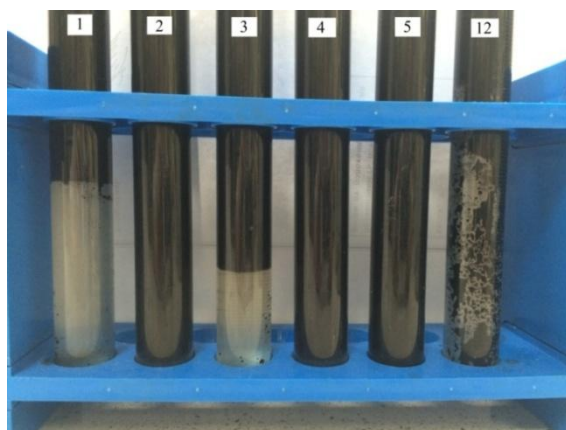


Рисунок 1. Результаты эксперимента при 23 °C

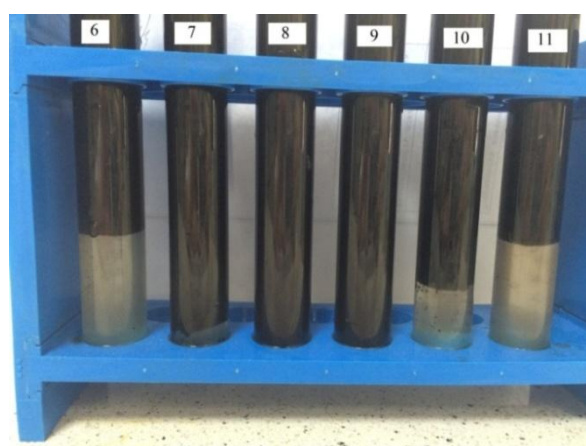


Рисунок 2. Результаты эксперимента при 40 °C

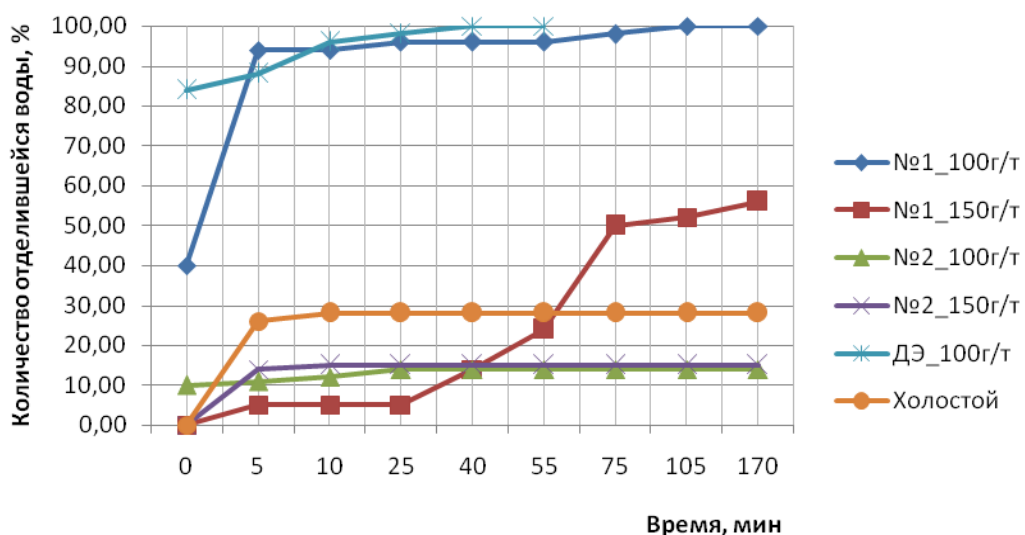


Рисунок 3. Динамика отделения воды из эмульсии при 23 °C (по объему отделившейся воды)

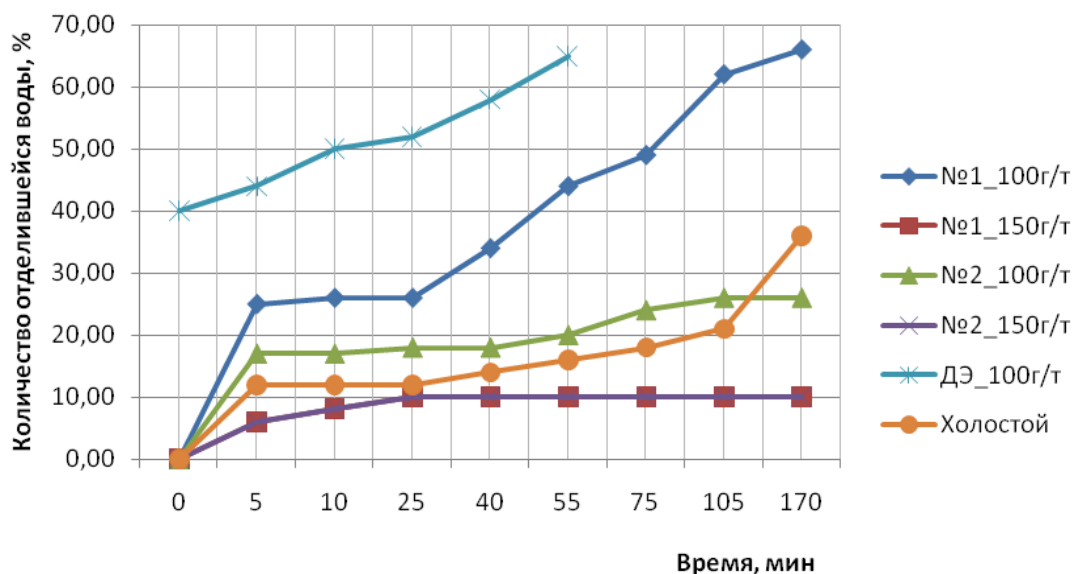


Рисунок 4. Динамика отделения воды из эмульсии при 40 °С (по объему отделившейся воды)

После анализа результатов проведенных тестов можно сделать вывод, что наилучшим из предложенных реагентов для разделения водонефтяной эмульсии является коагулянт № 1 в концентрации 100 г/т, причем он показывает наилучший результат как при комнатной температуре (остаточная обводненность эмульсии около 0 %), так и при 40 °С (остаточная обводненность 25 %).

Коагулянт 2 показал неудовлетворительные результаты - остаточная обводненность эмульсии во всех случаях оказалась в пределах 42-47 %.

Сравнивая результаты теста коагулянта № 1 и промышленного деэмульгатора, можно сказать, что их результаты довольно близки. Однако при комнатной температуре на стенках пробирки с деэмульгатором обра-

зовались налипания нефти (рисунок 1, пробирка № 12), что говорит о неполном разделении водонефтяной эмульсии и возможных потерях нефти с отделяемой водой. У образца с добавлением коагулянта № 1 (рисунок 1, пробирка № 1) таких налипаний не обнаружено. При повышенной температуре (40 °С) оба реагента сработали одинаково, остаточная обводненность в обоих случаях составила 25 %.

#### Вывод

В результате лабораторных экспериментов установлено, что наиболее эффективным из исследованных реагентов для разделения водонефтяной эмульсии является коагулянт № 1 в концентрации 100 г/т, причем при комнатной температуре он эффективнее, чем широко используемый в промышленности деэмульгатор Рекод-118М.

#### Список литературы

1. Рузин Л.М., Морозюк О.А. Метод повышения нефтеотдачи пластов (теория и практика): учеб. пособие. Ухта: УГТУ, 2014. 127 с.
2. Хайдарова Г.Р., Исламутдинова А.А., Дмитриев Ю.К., Сидоров Г.М., Иванов А.Н. Ингибитор коррозии на основе азот-фосфорсодержащих соединений // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 4. С. 163-168.

#### References

1. Ruzin L.M., Morozyuk O.A. *Metod povysheniya nefteotdachi plastov (teoriya i praktika): ucheb. posobie* [The Method of Enhanced Oil Recovery (Theory and Practice): Textbook]. Ukhta, UGTU, 2014, 127 p. (in Russ.).
2. Khaidarova G.R., Islamutdinova A.A., Dmitriev Yu.K., Sidorov G.M., Ivanov A.N. Inhibitor korrozii na osnove azot-fosforsoderzhashchikh



3. Хайдарова Г.Р., Исламутдинова А.А., Дмитриев Ю.К., Сидоров Г.М., Иванов А.Н. Ингибитор коррозии нефтепромысловых сред на основе азотсодержащих соединений и отходов хлорорганического производства // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 4. С.169-173.
4. Хайдарова Г.Р., Исламутдинова А.А., Дмитриев Ю.К., Сидоров Г.М., Иванов А.Н. Ингибиторы коррозии нефтепромысловых сред // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 4. С. 249-253.
5. Пат. 2491323 РФ, МПК С 10 G 33/04, В 82 В 1/00. Деэмульгатор для разрушения нефтяных эмульсий / Т.А. Федущак, В.А. Кувшинов, А.С. Акимов. 2012116711/04, заявл. 24.04.2012; опубл. 27.08.2013. Бюл. № 24.
6. Смирнов Ю.С., Милошенко Н.Т. Химическое деэмульгирование нефти как основа ее промысловой подготовки // Нефтяное хозяйство. 1989. № 8. С. 46-50.
7. А.с. 1427004 СССР, МПК С 10 G 33/04. Устройство для ввода деэмульгатора в поток нефти / Х.Х. Шакиров, М.И. Зингер, В.Г. Сотников и др. 4125504, заявл. 20.08.1986; опубл. 30.09.88. Бюл. № 36.
8. Ахметов Р.Ф., Зайцев Ю.Н., Сидоров Г.М., Ахметов А.Ф. Моделирование процесса смешения нефти и воды в статических смесителях методом CFD-анализа // Нефтегазопереработка-2016: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 24 мая 2016 г.). Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2016. С. 177.
9. Хуторянский Ф.М., Ахмади Соруш, Доссо Уэй, Солтани Бехназ. Исследования процесса обезвоживания и обессоливания очень тяжелой высоковязкой нефти Верблужьего месторождения Астраханской области // Мир нефтепродуктов. 2015. № 3. С. 10-16.
10. Доссо Уэй, Хуторянский Ф.М., Ахмади Соруш, Ергина Е.В., Анжаев С.С. Эффективный композиционный деэмульгатор для разрушения водонефтяных эмульсий с аномально высоким содержанием мехпримесей // Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 9. С. 3-7.
11. Хамидуллин Р.Ф., Хамидуллин Ф.Ф., Баязитова Г.Г. Исследование разрушения стойких высоковязких нефтяных эмульсий // Нефтяная и газовая промышленность. 1990. № 3. С. 35-36.
- soedinenii [Nitrogen-Containing Compounds and Organochlorine Waste Production]. *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2015, T. 13, No. 4, pp. 163-168. (in Russ.).
3. Khaidarova G.R., Islamutdinova A.A., Dmitriev Yu.K., Sidorov G.M., Ivanov A.N. Ingibitor korrozii neftepromyslovykh sred na osnove azotsoderzhashchikh soedinenii i otkhodov khlororganicheskogo proizvodstva [Corrosive Inhibitor Based on Nitrogen-Phosphorous Content Compounds]. *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2015, T. 13, No. 4, pp.169-173. (in Russ.).
4. Khaidarova G.R., Islamutdinova A.A., Dmitriev Yu.K., Sidorov G.M., Ivanov A.N. Ingibitory korrozii neftepromyslovykh sred [Corrosion Inhibitor in Oil Field Environments]. *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2015, T. 13, No. 4, pp. 249-253. (in Russ.).
5. Fedushhak T.A., Kuvshinov V.A., Akimov A.S. *Deemul'gator dlya razrusheniya neftyanykh emul'sii* [Demulsifier for Breaking down Petroleum Emulsions]. Patent RF, No. 2491323, 2013. (in Russ.).
6. Smirnov Yu.S., Miloshenko N.T. Khimicheskoe deemul'girovanie nefii kak osnova ee promyslovoi podgotovki [Chemical Demulsification of Oil as a Basis for its Commercial Preparation]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Business*, 1989, No. 8, pp. 46-50. (in Russ.).
7. Shakirov H.H., Singer M.I., Sotnikov V.G. e.a. *Ustroistvo dlya vvoda deemul'gatora v potok nefii* [Device for Introducing a Demulsifier in the Flow of Oil]. Certificate of authorship USSR No. 1427004, 1988. (in Russ.).
8. Akhmetov R.F., Zaitsev Yu.N., Sidorov G.M., Akhmetov A.F. Modelirovanie protsesssa smesheniya nefii i vody v staticheskikh smesitelyakh metodom CFD-analiza [Modeling Process of Mixing Oil and Water in Static Mixers using the CFD Method]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Neftegazopererabotka-2016», Ufa, 24 maya 2016 g.* [Materials of International Scientific-Practical Conference «Oil and Gas Processing-2016», Ufa, May, 24, 2016]. Ufa, Izd-vo GUP INKhP RB, 2016, pp. 177. (in Russ.).
9. Khutoryanskii F.M., Akhmadi Soroush, Dosso Uei, Soltani Bekhnaz. Issledovaniya protsesssa obvezozhivaniya i obessolivaniya ochen' tyazheloi vysokovyazkoi nefii Verblyuzh'ego mestorozhdeniya Astrakhanskoi oblasti [Research of the Process of Dehydration and Desalting of Very Heavy High-Viscosity Oil of the Verblyuzhye Oilfield of the Astrakhan Region]. *Mir nefteproduktov - World of Oil Products*, 2015, No. 3, pp. 10-16. (in Russ.).
10. Dosso Uei, Khutoryanskii F.M., Akhmadi Soroush, Ergina E.V., Anzhaev S.S. Effektivnyi kompozitsionnyi deemul'gator dlya razrusheniya vodonefityanykh emul'sii s anomal'no vysokim soderzhaniem mekhprimesei [Efficient Composite Demulsifier for the Destruction of the Water-Oil Emulsions with Abnormally High Content of Mechanical Impurities]. *Neftepererabotka i neftekhimiya - Oil Refining and Petrochemistry*, 2015, No. 9, pp. 3-7. (in Russ.).

11. Khamidullin R.F., Khamidullin F.F., Bayazitova G.G. Issledovanie razrusheniya stoikikh vysokovyazkikh neftyanykh emul'sii [Investigation of the Destruction of Persistent High-Viscosity Oil Emulsions]. *Neftyanaya i gazovaya promyshlennost' - Oil and Gas Industry*, 1990, No. 3, pp. 35-36. (in Russ.).

#### Авторы

• Рябова Виктория Игоревна  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Магистрант кафедры технологии нефти и газа  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
тел. (347) 242-07-12

• Филатов Антон Константинович  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Магистрант кафедры технологии нефти и газа  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
тел. (347) 242-07-12

• Яхин Булат Ахметович  
ООО «НТ-ЦЕНТР»  
Заместитель генерального директора  
Российская Федерация, 450055, г. Уфа,  
пр. Октября, д. 170/1  
e-mail: bulattrading@yahoo.com

• Антипов Василий Анатольевич  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Магистрант кафедры «Технология нефти и газа»  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
тел. (347) 242-07-12  
e-mail: antipovbtb@mail.ru

• Сидоров Георгий Маркелович, д-р техн. наук  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Профессор кафедры «Технология нефти и газа»  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
тел. (347) 242-07-12

#### The Authors

• Ryabova Victoria I.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Master Student of Oil and Gas Technology  
Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
tel: (347) 242-07-12

• Filatov Anton K.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Master Student of Oil and Gas Technology  
Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
tel: (347) 242-07-12

• Jakhin Bulat A.  
«NT-CENTRE» LLC  
Deputy General Director  
170/1, October ave., Ufa, 450055,  
Russian Federation  
e-mail: bulattrading@yahoo.com

• Antipov Vasilii A.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Master Student of Oil and Gas Technology  
Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
tel: (347) 242-07-12  
e-mail: antipovbtb@mail.ru

• Sidorov Georgiy M., Doctor of Technical Sciences  
Ufa State Petroleum Technological University  
Professor of Oil and Gas Technology Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
tel: (347) 242-07-12