DOI: 10.17122/ntj-oil-2017-4-63-72
УДК 620.193

С.Р. Алимбекова (Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Т.Р. Исангильдина** (Филиал «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Республике Башкортостан» Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Приволжскому федеральному округу», г. Уфа, Российская Федерация), **Ф.Г. Ишмуратов** (Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **В.Н. Гусаков** (ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация), **Р.Н. Бахтизин** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **В.А. Докичев** (Уфимский институт химии РАН, г. Уфа, Российская Федерация), **Р.У. Рабаев** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

НОВЫЙ «ЗЕЛЕНЫЙ» ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПОСОБ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

S.R. Alimbekova (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation), **T.R. Isangildina** (Federal State Budgetary Institution «Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in Privolzhsky Federal District», Branch «Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Republic of Bashkortostan», Ufa, Russian Federation), **F.G. Ishmuratov** (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation), **V.N. Gusakov** (RN-UfaNIPIneft LLC, Ufa, Russian Federation), **R.N. Bakhtizin** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **V.A. Dokichev** (Ufa Institute of Chemistry of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation), **R.U. Rabaev** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

NEW «GREEN» ELECTROMAGNETIC METHOD OF SALT SEDIMENTS PREVENTION WHILE OIL PRODUCTION

Введение

Проблема образования нежелательных отложений в нефтегазовых скважинах и в эксплуатационном оборудовании в нефтяной промышленности приводит к снижению проницаемости нефтеносного пласта, дебита скважин и увеличению эксплуатационных расходов.

Background

In oil industry the problem of undesirable sediments formation in oil and gas wells and operating equipment leads to oil reservoir zonal damage, well production rate decrease and operating costs increase.

Цели и задачи

Исследовать влияние новой электромагнитной установки (ЭМП) на ингибирование образования солеотложений в скважинном оборудовании и острого токсического воздействия генерируемого электромагнитного поля.

Методы

Метод рентгеновской дифракции, опытно-промышленные испытания.

Результаты

В установке электромагнитного поля посредством аксиальной обмотки сердечника электромагнитного излучателя формируется электродвижущая сила, результирующий вектор которой направлен вдоль оси скважинного оборудования; а посредством ортогональной обмотки формируется магнитодвижущая сила, результирующий вектор которой направлен вдоль оси скважинного оборудования. Изучено влияние электромагнитного поля, создаваемого установкой электромагнитного поля, на процесс кристаллизации карбоната кальция и структуру образующихся кристаллов CaCO_3 из пересыщенных водных растворов в модельной системе $\text{CaCl}_2 - \text{NaHCO}_3$ при 80 °C. В результате применения метода рентгеновской дифракции показано, что при воздействии электромагнитного поля наблюдается уменьшение среднего размера частиц CaCO_3 на 31 мкм и преимущественное образование арагонита. Опытные промышленные испытания установки ЭМП показали эффективность её применения при борьбе с солеотложениями в скважинах, оборудованных электроцентробежными насосами. В условиях эксперимента по определению воздействия на дафний электромагнитного поля, создаваемого электромагнитной установкой, не выявлено значимого влияния облучения: гибели дафний не наблюдалось.

Aims and Objectives

To investigate the effect of a new electromagnetic installation (EMI) on the inhibition of downhole equipment salt formation and the acute toxic exposure of generated electromagnetic field.

Methods

X-ray diffraction method, pilot-industrial tests.

Results

In EMI an electromagnetic force is generated by axial winding of the core of the electromagnetic emitter, the resulting vector is directed along the axis of the downhole equipment; and the magnetomotive force is formed by means of the orthogonal winding, the resulting vector is directed along the axis of the downhole equipment. The influence of the electromagnetic field created by the EMI on the crystallization process of the carbonate calcium and the structure of the formed CaCO_3 crystals from supersaturated aqueous solutions in the model system $\text{CaCl}_2 - \text{NaNSO}_3$ at 80 °C is studied. As the result of X-ray diffraction method usage it was showed that while electromagnetic field affection a decrease in the average particle size of CaCO_3 at 31 μm and aragonite preferential formation were observed. The obtained data of pilot-industrial tests of the EPI showed the effectiveness of its application in salt sediments control in wells equipped with electric centrifugal pumps. While the experiment of determination of the electromagnetic field effect produced by the electromagnetic installation on daphnia, no significant effect of irradiation was detected: no daphnia death was observed.

Ключевые слова: нефтедобыча, электромагнитное поле, карбонат кальция, солеотложение, дафнии

Key words: oil production, electromagnetic field, calcium carbonate, salt sediments, daphnia

Введение

Проблема образования нежелательных отложений в нефтегазовых скважинах и в

эксплуатационном оборудовании в нефтяной промышленности приводит к снижению проницаемости нефтеносного пласта, дебита

скважин и увеличению эксплуатационных расходов [1-3]. Основными компонентами большинства промысловых отложений являются карбонат кальция, сульфаты кальция и бария, продукты коррозии и асфальтосмоло-парафиновые вещества.

Известны различные физические и химические способы воздействия на скважинное пространство и продуктивный пласт для повышения эффективности добычи углеводородного сырья и борьбы с солеотложениями [2].

Основным методом борьбы с отложениями является применение химических реагентов, которые, несмотря на их определенные преимущества, являются экологически опасными для окружающей среды.

В последнее время актуальными становятся способы электрофизического и электромагнитного воздействия на продукцию скважин, существенным достоинством которых является возможность их применения одновременно с основным процессом добычи нефти [4-10].

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния новой электромагнитной установки на ингибирование образования солеотложений в скважинном оборудовании и острого токсического воздействия генерируемого электромагнитного поля.

Установка электромагнитного поля (ЭМП) содержит.

- электромагнитный излучатель для ингибирования образования отложений на скважинном оборудовании в диапазоне частот излучения от 30 кГц до 1 МГц;
- двухканальный генератор, установленный в отдельном корпусе в непосредственной близости от электромагнитного излучателя и подключенный одним управляющим выходом к аксиальной обмотке и вторым управляющим выходом - к ортогональной обмотке излучателя;
- электронный блок управления, размещенный в корпусе двухканального генератора, имеющий выход, подключенный к входу двухканального генератора;

- блок сопряжения с погружным электродвигателем (ПЭД), обеспечивающий механическое и электрическое соединение установки для ингибирования образования отложений и коррозии с ПЭД;
- датчики параметров скважинной среды, установленные в скважинном пространстве и подключенные к электронному блоку управления (рисунок 1).

Материалы и методы

Для приготовления модельных растворов использовали соли CaCl_2 , NaCl и NaHCO_3 квалификации «ч.д.а.».

Влияние электромагнитного поля на процесс кристаллизации карбоната кальция изучали в диапазоне частот электромагнитного поля 30-250 кГц на установке «ГЭМИ-1» (НИИ ТС «Пилот»), индуктор которой представляет собой соленоид с внутренним диаметром 55 мм.

Напряжение, подаваемое на индуктор, - 29 В. Индуктивность - 1,4 мГн. Тип сигнала - прямоугольный. К помещенным в индуктор установки «ГЭМИ-1» 25 мл раствора, содержащего 0,4675 ммоль CaCl_2 , при 80 °С добавляли 25 мл раствора, содержащего 0,5725 ммоль NaHCO_3 и 5,53 ммоль NaCl . Полученный раствор выдерживали 15 мин в индукторе и определяли размер образующихся кристаллов CaCO_3 .

Лабораторные исследования по влиянию электромагнитной установки на ингибирование образования солеотложений изучали на стенде (рисунок 2).

Размеры образующихся кристаллов CaCO_3 регистрировали на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц Analysette 22 NanoTecplus.

Морфологию частиц CaCO_3 изучали на рентгеновском дифрактометре «Rigaku Ultima IV». Анализ проводили в $\text{CuK} \alpha$ -излучении при напряжении 20 кВ и токе 2 мА с длиной волны $\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$.

Съемку осуществляли в диапазоне углов $2\theta = 15-115^\circ$ с шагом сканирования $0,02^\circ$. Обработку дифрактограмм и фазовый анализ осуществляли в программе «Match!».

Рисунок 1. Принципиальная схема установки

Рисунок 2. Внешний вид стенда для испытаний установок для борьбы с солеотложениями электромагнитным способом

Опытно-промышленные испытания установки проводили на скважине № 2404 (куст 144) Приобского месторождения, попутно добываемая гидрокарбонатная натриевая вода которой имела следующий ионный состав: Ca^{2+} - 100,2-170,3; Mg^{2+} - 24,3-97,3; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ - 2070,0-4427,5; Cl^- - 2556,0-5680,0; HCO_3^- - 1830,3-2440,4 (мг/л).

Для определения острого токсического воздействия ЭМП, создаваемого электромагнитной установкой, проводили биотестирование при 22 °С в стеклянных пробирках объемом 100 мл, которые были заполнены 50 мл исследуемой воды (рН 7). В пробирки помещали по 10 дафний в возрасте 12 ч, возраст определяли по размеру рачков. Определение воздействия ЭМП проводили в трех параллельных сериях. В качестве контроля использовали три параллельные серии с той же водой с 10 дафниями в каждой пробирке без воздействия ЭМП. Дафний в контроле и опыте (при включенном ЭМП) кормили в одно и то же время. Пробирки с дафниями в эксперименте и контроле помещали во вращающуюся кассету устройства для экспонирования рачков УЭР-03, благодаря чему происходила непрерывная и одинаковая аэрация всех тестируемых проб. При этом выбранная скорость вращения (6 об/мин) не создавала стрессовой ситуации для самих рачков. Учет смертности дафний в опыте и контроле проводили каждые 24 ч в течение 14 дней. Погибшими, согласно [11], считались особи, не начавшие двигаться в течение 15 с после легкого покачивания пробирки.

Результаты и их обсуждение

Известно, что воздействие электромагнитного поля на водные растворы приводит к изменению структуры воды, гидратированных ионов и растворимости неорганических солей [12].

В работе [13] изучено влияние амплитуды и частоты ультразвукового облучения (20 и 40 кГц) на осаждение карбоната кальция в модельной системе $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3\text{-CaCl}_2$ и показано, что под действием ультразвукового поля наблюдаются преимущественное образование CaCO_3 в виде ватерита и уменьшение размеров кристаллов с 20 до 2 мкм.

В настоящей работе приводятся результаты изучения влияния электромагнитного поля, создаваемого электромагнитной установкой, на процесс кристаллизации карбоната кальция и структуру образующихся кристаллов CaCO_3 . Исследования проводили путем смешения водных растворов CaCl_2 и NaHCO_3 при 80 °С и облучении в течение 15 мин.

Полученные с помощью лазерного дифракционного анализатора размера частиц данные по распределению размеров образующихся кристаллов CaCO_3 показали, что под воздействием электромагнитного поля с частотами 20-250 кГц наблюдается наибольшее уменьшение среднего размера кристаллов (на ~30 мкм), а также образование более узкого интервала распределения частиц CaCO_3 по размерам, который, вероятно, обусловлен тем, что в этом интервале частоты электромагнитного поля находится в резонансе с частотами вращения молекулярных роторов [12].

Согласно данным дифрактограммы, в выбранных нами условиях под влиянием электромагнитного поля происходит преимущественное образование арагонита (рисунок 3).

Частицы карбоната кальция в форме арагонита обладают более низкими значениями свободной поверхностной энергии по сравнению с кальцитом, что обуславливает низкую адгезию их к поверхности, а также низкую агломерацию кристаллов арагонита между собой [12].

Так как под влиянием электромагнитного поля наблюдаются уменьшение среднего размера частиц CaCO_3 и преимущественное формирование кристаллов арагонита, имеющего низкую адгезию, то образующиеся карбонаты кальция легко будут уноситься из скважины водонефтяной эмульсией, а не оседать на нефтепромысловом внутрискважинном оборудовании. Полученные данные были подтверждены опытно-промышленными испытаниями (ОПИ).

Перед спуском скважинной компоновки герметичный контейнер с электромагнитной установкой крепится и подключается к основанию погружного электродвигателя ЭЦН.

Рисунок 3. Дифрактограмма кристаллов CaCO_3 , полученных под воздействием электромагнитного поля

На скважинном оборудовании сердечник электромагнитного излучателя изготовлен из высокочастотного магнитомягкого материала с аксиальной обмоткой, витки которой расположены аксиально по отношению к продольной оси скважинного оборудования, и ортогональной обмоткой, витки которой расположены перпендикулярно виткам аксиальной обмотки, перпендикулярно оси скважинного оборудования. При подаче переменных электрических сигналов посредством аксиальной обмотки формируется электродвижущая сила, результирующий вектор которой направлен вдоль оси скважинного оборудования, а посредством ортогональной обмотки формируется магнитодвижущая сила, результирующий вектор которой направлен вдоль оси скважинного оборудования. В результате в непосредственной близости от электропогружного насоса происходят изменения величин магнитодвижущих сил излучателя в соответствии с заданным диапазоном значений напряженности электромагнитного

поля в зависимости от параметров скважинного флюида.

Для опытно-промышленных испытаний в период с 17.12.2011 г. по 06.01.2013 г. по влиянию электромагнитной установки ЭМП на солеотложение в скважинах, оборудованных ЭЦН, была выбрана скважина № 2404 (куст 144) на Приобском месторождении, которые до установки ЭМП имели отказы по причине солеотложения. Нарботка УЭЦН по последнему отказу составляла 177 сут. После завершения ОПИ и остановки скважины солеотложение не было обнаружено на рабочих элементах насоса. Нарботка на скважине № 2404 на дату составления отчета и остановки ОПИ составила 385 сут.

Полученные данные опытно-промышленных испытаний электромагнитной установки показали эффективность её применения при борьбе с солеотложениями в скважинах, оборудованных ЭЦН.

В настоящее время одним из актуальных вопросов при внедрении новых техноло-

гий при строении и эксплуатации нефтегазовых месторождения является их воздействие на окружающую среду. Известно, что электромагнитные поля оказывают влияние на состояние физиологического состояния живых систем [14]. Одним из возможных методов определения их чувствительности к действию излучения служит биотестирование на тест-объектах с коротким жизненным циклом, в частности на рачках *Daphnia magna*, которые используются в сертифицированных токсикологических испытаниях [11].

В связи с этим нами исследовано влияние электромагнитного поля, создаваемого электромагнитной установкой, на физиологическое состояние рачков *Daphnia magna*. В проведенных нами экспериментах не выявлено значимого влияния электромагнитного облучения: гибели дафний не наблюдалось.

Выводы

Электромагнитная установка позволяет предотвратить образование минеральных отложений во внутрискважинном нефтегазовом оборудовании.

Важным достоинством является применение её одновременно с основным процессом добычи, не препятствуя ему. Энергозатраты низкие: мощность, потребляемая генератором на излучение, составляет порядка 100 Вт. Устройство локализовано в погружной части и не требует дополнительного наземного оборудования, канала связи и др.

Внедрение электромагнитной установки позволит:

- предотвратить образование отложений;
- повысить эффективность применения находящегося в эксплуатации технологического оборудования;
- снизить экологическую нагрузку на природу за счет внедрения энергосберегающей экологически безопасной технологии.

Результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (задание № 4.2703.2017/ПЧ).

Список литературы

1. Ибрагимов Н.Г., Хафизов А.Р., Шайдаков В.В., Хайдаров Ф.Р., Емельянов А.В., Голубев М.В., Каштанова Л.Е., Чернова К.В., Бугай Д.Е., Лаптев А.Б. Осложнения в нефтедобыче. Уфа: Изд-во «Монография», 2003. 302 с.
2. Крабтри М., Эслингер Д., Флетчер Ф. и др. Борьба с солеотложениями - удаление и предотвращение их образования // Нефтегазовое обозрение. 2002. Т. 7. № 2. С. 52-73.
3. Кащавцев В.Е., Мищенко И.Т. Солеобразование при добыче нефти. М.: Орбита-М, 2004. 432 с.
4. Alimi F., Tlili M., Ben Amor M., Maurin G., Gabrielli C. Influence of Magnetic Field on Calcium Carbonate Precipitation in the Presence of Foreign Ions Surface. *Engineering and Applied Electrochemistry*. 2009. V. 45, No. 1. P. 56-62.
5. Morse J. W., Arvidson R. S., Lüttge A. Calcium Carbonate Formation and Dissolution // *Chem. Rev.* 2007. V. 107, No. 2. P. 342-381.
6. Такаева М.А., Мусаева М.А., Ахмадова Х.Х., Пивоварова Н.А., Сыркин А.М. Влияние деэмульгаторов и магнитного поля на глубину обессоливания грозненских нефтей // Нефтегазовое дело. 2011. № 2. С. 121-127. URL:

References

1. Ibragimov N.G., Khafizov A.R., Shaidakov V.V., Khaidarov F.R., Emel'yanov A.V., Golubev M.V., Kashtanova L.E., Chernova K.V., Bugai D.E., Laptev A.B. *Oslozhneniya v nefte dobyche* [Complications in Oil Production]. Ufa, Monografiya Publ., 2003. 302 p. (in Russ.).
2. Krabtri M., Eslinger D., Fletcher F. e.a. Bor'ba s soleotlozheniyami - udalenie i predotvrashchenie ikh obrazovaniya [Treatment from Scaling - Removing and Preventing Their Formation]. *Neftegazovoe obozrenie - Oil and Gas Review*, 2002, T. 7, No. 2,, pp. 52-73. (in Russ.).
3. Kashchavtsev V.E., Mishchenko I.T. *Soleobrazovanie pri dobyche nefiti* [Salt Formation during Oil Production]. Moscow, Orbita-M Publ., 2004. 432 p. (in Russ.).
4. Alimi F., Tlili M., Ben Amor M., Maurin G., Gabrielli C. Influence of Magnetic Field on Calcium Carbonate Precipitation in the Presence of Foreign Ions Surface. *Engineering and Applied Electrochemistry*, 2009, V. 45, No. 1, pp. 56-62.
5. Morse J. W., Arvidson R. S., Lüttge A. Calcium Carbonate Formation and Dissolution. *Chem. Rev.*, 2007, V. 107, No. 2, pp. 342-381.

http://ogbus.ru/authors/Takaeva/Takaeva_1.pdf (дата обращения: 07.10.2016).

7. Докичев В.А., Коптяева Е.И., Ишмуратов Ф.Г. и др. Углеводы - новый класс «зеленых» ингибиторов солеотложений // Нефтяное хозяйство. 2016. № 5. С. 92-94.

8. Докичев В.А., Ишмуратов Ф.Г., Коптяева Е.И., Алимбекова С.Р., Сафуанова Р.М., Волошин А.И. Влияние электромагнитного поля на процесс кристаллизации карбоната кальция, сульфатов бария и стронция // Нефть. Газ. Новации. 2015. № 6. С. 78-81.

9. Пат. 2570870 РФ, МПК Е 21 В 37/00, Е 21 В 41/02. Электромагнитный излучатель, устройство и способ ингибирования образования отложений и коррозии скважинного оборудования / Акшенцев В.Г., Алимбеков Р.И., Алимбекова С.Р., Греков С.Н., Докичев В.А., Шарипов С.Ш., Шулаков А.С. (СР). 2014123667/03, заявл. 10.06.2014; опублик. 10.12.2015. Бюл. 34.

10. Алимбекова С.Р., Алимбеков Р.И., Греков С.Н., Гусаков В.Н., Волошин А.И., Бахтизин Р.Н., Докичев В.А. Первый опыт применения резонансно-волнового комплекса РВК-1 для борьбы с солеотложениями в скважинах, оборудованных электроцентробежными насосами // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. Вып. 4 (106). С. 85-92.

11. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности *Daphnia magna* straus. ПНД Ф 14.1:2.4.12-06 (16.1:2.3.3.9-06). М., 2006.

12. Cefalas A.C., Kobe S., Drazic G. Sarantopoulou E., Kollia Z., Stražišar J., Meden A. Nanocrystallization of CaCO_3 at Solid/Liquid Interfaces in Magnetic Field: A Quantum Approach // Appl. Surf. Sci. 2008. V. 254. P. 6715-6724.

13. Kojima Y., Yamaguchi K., Nishimiya N. Effect of Amplitude and Frequency of Ultrasonic Irradiation on Morphological Characteristics Control of Calcium Carbonate // Ultrason. Sonochem. 2010. V. 17. P. 617-620.

14. Крылов В.В. Непосредственный и prolonged эффекты действия переменного электромагнитного поля низкой частоты на продукционные показатели *Daphnia magna* // Гидробиологический журнал. 2007. Т. 43. № 4. С. 76-88.

6. Takaeva M.A., Musaeva M.A., Akhmadova Kh.Kh., Pivovarova N.A., Syркин A.M. Vliyanie deemul'gatorov i magnitnogo polya na glubinu obessolivaniya groznenskikh neftei [Influence of Demulsification Agents and Magnetic Field on Grozny Oil Desalting]. *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2011, No. 2, pp. 121-127. URL: http://ogbus.ru/authors/Takaeva/Takaeva_1.pdf. (in Russ.).

7. Dokichev V.A., Koptyaeva E.I., Ishmuratov F.G. e.a. Uglevody - novyi klass «zelenykh» ingibitorov soleotlozhenii [Carbohydrates - a New Class of «Green» Scaling Inhibitors]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2016, No. 5, pp. 92-94. (in Russ.).

8. Dokichev V.A., Ishmuratov F.G., Koptyaeva E.I., Alimbekova S.R., Safuanova R.M., Voloshin A.I. Vliyanie elektromagnitnogo polya na protsess kristallizatsii karbonata kal'tsiya, sul'fatov bariya i strontsiya [Effect of the Electromagnetic Field on the Crystallization of Calcium Carbonate, Barium and Strontium Sulfates]. *Neft'. Gaz. Novatsii - Oil Gas. Novations*, 2015, No. 6, pp. 78-81. (in Russ.).

9. Akshentsev V.G., Alimbekov R.I., Alimbekova S.R., Grekov S.N., Dokichev V.A., Sharipov S.Sh., Shulakov A.S. *Elektromagnitny izluchatel', ustroystvo i sposob ingibirovaniya obrazovaniya otlozhenii i korrozii skvazhinного oborudovaniya* [Electromagnetic Transducer, Device and a Method for Inhibiting Salt Deposits Formation and Corrosion of Well Equipment]. Patent RF, No. 2570870, 2015. (in Russ.).

10. Alimbekova S.R., Alimbekov R.I., Grekov S.N., Gusakov V.N., Voloshin A.I., Bakhtizin R.N., Dokichev V.A. Pervyi opyt primeneniya rezonansno-volnovogo kompleksa RVC-1 dlya bor'by s soleotlozheniyami v skvazhinakh, oborudovannykh elektrotsentrobezhnyimi nasosami [The First Experience of Using Resonance-Wave Complex RVC-1 for Salt Deposit Treatment in Wells Equipped with Electric Centrifugal Pumps]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2016, Issue 4 (106), pp. 85-92. (in Russ.).

11. *Metodika opredeleniya toksichnosti vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov, pit'evoi, stochnoi i prirodnoi vody po smertnosti Daphnia magna straus. PND F 14.1:2.4.12-06 (16.1:2.3.3.9-06)* [Method for Water Extracts Toxicity Determining from Soils, Sludge and Waste Sludge, Drinking Water, Sewage and Natural Water by *Daphnia magna* Straus Mortality. PND F 14.1:2.4.12-06 (16.1:2.3.3.9-06)]. Moscow, 2006. (in Russ.).

12. Cefalas A.C., Kobe S., Drazic G. Sarantopoulou E., Kollia Z., Stražišar J., Meden A. Nanocrystallization of CaCO_3 at Solid/Liquid Interfaces in Magnetic Field: A Quantum Approach. *Appl. Surf. Sci.*, 2008, V. 254, pp. 6715-6724.

13. Kojima Y., Yamaguchi K., Nishimiya N. Effect of Amplitude and Frequency of Ultrasonic Irradiation on Morphological Characteristics Control of Calcium Carbonate. *Ultrason. Sonochem.*, 2010, V. 17, pp. 617-620.

14. Krylov V.V. Neposredstvennyi i prodlennyye efekty deistviya peremennogo elektromagnitnogo polya nizkoi chastoty na produktsionnye pokazateli *Daphnia magna* [Direct and Prolonged Effects of an Alternating Low Frequency Electromagnetic Field Influence on the Production Parameters of *Daphnia Magna*]. *Gidrobiologicheskii zhurnal - Hydrobiological Journal*, 2007, T. 43, No. 4, pp. 76-88. (in Russ.).

Авторы

• Алимбекова Софья Робертовна, канд. техн. наук
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Старший научный сотрудник кафедры
общей химии
Российская Федерация, 450008, г. Уфа,
ул. К. Маркса 12
тел. +79875969895
e-mail: ms.sofia.al@gmail.com

The Authors

• Alimbekova Sofya R., Candidate of Technical
Sciences
Ufa State Aviation Technical University
Senior Researcher of General Chemistry
Department
12, K. Marks str., Ufa, 450008, Russian Federation
tel: +79875969895
e-mail: ms.sofia.al@gmail.com

• Исангильдина Тансылу Раузатовна
Филиал «Центр лабораторного анализа
и технических измерений по Республике
Башкортостан» Федерального государственного
бюджетного учреждения «Центр лабораторного
анализа и технических измерений
по Приволжскому федеральному округу»
Инженер первой категории
Российская Федерация, 450106, г. Уфа,
ул. Менделеева, 122
тел. (347) 255-80-75

• Isangildina Tansylu R.
Federal State Budgetary Institution
«Center for Laboratory Analysis and Technical
Measurements in Privolzhsky Federal District»,
Branch «Center for Laboratory Analysis
and Technical Measurements in the Republic
of Bashkortostan»
First Category Engineer
122, Mendeleev str., Ufa, 450106,
Russian Federation
tel: (347) 255-80-75

• Ишмуратов Фарид Гумерович
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Научный сотрудник кафедры общей химии
Российская Федерация, 450008, г. Уфа,
ул. К. Маркса, 12
тел. +79177721623
e-mail: farid_ishmuratov@mail.ru

• Ishmuratov Farid G.
Ufa State Aviation Technical University
Researcher of General Chemistry Department
12, K. Marks str., Ufa, 450008,
Russian Federation
tel: +79177721623
e-mail: farid_ishmuratov@mail.ru

• Гусаков Виктор Николаевич, канд. хим. наук
ООО «РН-УфаНИПИнефть»
Директор департамента инжиниринга добычи
Российская Федерация, 450103, г. Уфа,
ул. Сочинская, 12
тел.: (347) 293-60-10
e-mail: GusakovVN@ufanipi.ru

• Gusakov Viktor N., Candidate of Chemical
Sciences
RN-UfaNIPIneft LLC
Head of Petroleum Production Engineering
Department
12, Sochinskaya str., Ufa, 450103,
Russian Federation
tel: (347) 293-60-10
e-mail: GusakovVN@ufanipi.ru

• Бахтизин Рамиль Назифович, д-р физ.-мат. наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Ректор
Российская Федерация, 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
тел.: (347) 242-03-70
e-mail: rektor@rusoil.net

• Bakhtizin Ramil N., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Rector
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062, Russian Federation
tel: (347) 242-03-70
e-mail: rektor@rusoil.net

• Докичев Владимир Анатольевич, д-р хим. наук, профессор
Уфимский Институт химии РАН
Заведующий лабораторией
Российская Федерация, 450054, г. Уфа, пр. Октября, 71
тел. (347) 235-56-77
e-mail: dokichev@anrb.ru

• Dokichev Vladimir A., Doctor of Chemical Sciences, Professor
Ufa Institute of Chemistry of Russian Academy of Sciences
Head of Laboratory
71, pr. Oktyabrya, Ufa, 450054, Russian Federation
tel: (347) 235-56-77
e-mail: dokichev@anrb.ru

• Рабаев Руслан Уралович, канд. техн. наук, доцент
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Начальник управления нефтегазового инжиниринга и проектирования,
Директор инжинирингового центра
Российская Федерация, 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
тел. (347) 242-08-32
e-mail: r.u.rabaev@gmail.com

• Rabaev Ruslan U., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Head of Oil and Gas Engineering and Design Department, Director of Engineering Center
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062, Russian Federation
tel. (347) 242-08-32
e-mail: r.u.rabaev@gmail.com