



Нефть. Газ. ИНОВАЦИИ

ISSN 2077-5423

№1/2018

научно-технический журнал • входит в перечень ВАК

ГЛАВНАЯ ТЕМА НОМЕРА:

НАНОТЕХНОЛОГИИ в нефтегазовой отрасли



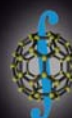
Номер подготовлен при участии:



РОСНАНО
Российская Федерация



SOCAR



НАНОтехнологическое
общество России

По решению Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» (редакция от 12.07.2017)

СОДЕРЖАНИЕ

№ 1 (206) 2018

ФОРУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

Внедрение нефтегазовых нанотехнологий: инновационный семинар

3

ОБСУЖДЕНИЕ ИННОВАЦИЙ

Дебаты вокруг нанотехнологий

6

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Шамилов В.М.

Развитие нанотехнологий в нефтяной промышленности

16

Рыжов Е.В., Рыжов М.Е., Тихонюк В.В.

Нанотехнологии в нефтедобывающей и гальванической отрасли: перспективы повышения экономической эффективности

25

НАНОРОБОТЫ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Лесин В.И., Еремин Н.А.

Природные и синтезированные наноразмерные окислы железа – нанороботы в процессах управления с помощью магнитного поля извлечением, транспортировкой, подготовкой и переработкой нефти

29

ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Энгельс А.А., Нестеркин А.А., Ибраев Дж.А., Ибраев Д.А.

Оценка величины пост-эффекта при завершении полимерного заводнения нефтяной залежи

34

Алтунина Л.К., Фуфаева М.С., Кувшинов В.А., Стасьева Л.А.,

Кувшинов И.В., Овсянникова В.С.

Применение наноструктурированных композиций для увеличения нефтеотдачи и решения экологических проблем

38

Алиев Ф.А., Гарифуллина Э.И.,

Ситнов С.А., Мухаматдинов И.И.,

Вахин А.В., Нургалиев Д.К.

Использование наноразмерных каталитических систем для повышения нефтеотдачи на месторождениях высоковязких нефтей

45



49 Тазеев Д.И., Борисов Д.Н., Якубов М.Р.
Береговой А.Н., Князева Н.А.
Мицеллярные растворы и микроэмульсии
как нанообъекты для повышения нефтеизвлечения

52 Газизов А.А., Газизов А.Ш.
Новейшие энергоэффективные методы добычи нефти

57 Раденко В.В., Раденко А.В., Долгополов М.В.,
Машнин А.С.
Новая технология интенсификации добычи нефти методом воздействия
на пласт плазмой высокого давления

БОРЬБА С ОСЛОЖНЕНИЯМИ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

62 Хавкин А.Я.
Применение пенных барьеров на нефтяных и газовых месторождениях

66 Коптяева Е.И., Алимбекова С.Р., Волошин А.И., Телин А.Г., Голубев И.А.
Влияние электромагнитного поля низкой частоты на эффективность
ингибирования парафиноотложений

РЕМОНТ СКВАЖИН

72 Ноздря В.И., Ефимов Н.Н., Роднова В.Ю.
Изолирующие составы для ремонта скважин на основе нанодисперсных силикатов

ПОДГОТОВКА НЕФТИ И ГАЗА

76 Шейх-Али А.Д., Ауэзов А.Б., Махмотов Е.С., Молдахметова М., Ибраимов М., Туркменова Д.М.,
Омарова Т.А., Маймакова А.А.
Комбинированное воздействие магнитного поля и деэмульгаторов на процесс обезвоживания
нефти месторождений «Узень» и «Каракудук»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Алтунина Л. К., д.т.н., профессор, директор Института химии нефти СО РАН
Антониади Д. Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазовое дело» имени профессора
Г.Т. Вартумяна Кубанского технологического университета
Боровский М. Я., к.г.-м.н., генеральный директор ООО «Геофизсервис»
Борхович С. Ю., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений» Удмуртского государственного университета
Бриллиант Л. С., к.т.н., генеральный директор Тюменского института нефти и газа
Быков Д. Е., д.т.н., профессор, ректор СамГТУ, заведующий кафедрой «Химическая технология
и промышленная экология» Самарского государственного технического университета
Ерёмин Н. А., д.т.н., профессор, заведующий аналитическим центром Института проблем нефти и газа РАН
Исмагилов А. Ф., к.э.н., заместитель генерального директора по развитию бизнеса АО «Зарубежнефть»
Котенёв Ю. А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых
месторождений» Уфимского государственного нефтяного технического университета
Мусалимов Р. Х., д.г.-м.н., профессор, консультант президента Республики Татарстан по вопросам разработки
нефтяных и нефтегазовых месторождений
Рогачев М. К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений» Санкт-Петербургского горного университета
Телин А. Г., к.х.н., доцент, заместитель директора по научной работе ООО «Уфимский научно-
технический центр»
Третьяк А. Я., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазовые техника и технологии»
Южно-Российского государственного политехнического университета имени М. И. Платова
Хисаметдинов М. Р., к.т.н., заведующий лабораторией отдела увеличения нефтеотдачи пластов института
«ТатНИПИнефть»

Редакция:

главный редактор Г.Н. Белянин,
к.г.-м.н., академик МТА РФ
литературный редактор Е.С. Захарова
дизайн-верстка Е.А. Образцова
корректор Г.В. Загребина

Отдел распространения и подписки:
тел. (846) 979-91-10

Отдел рекламы и маркетинга:
тел. (846) 979-91-45

Адрес редакции и издателя:
443008, Самарская область, г. Самара,
Томашевский тупик, 3а
Тел. (846) 979-91-77
Факс (846) 979-91-88
journal@neft-gaz-novacii.ru
info@neft-gaz-novacii.ru
red@neft-gaz-novacii.ru
redaktor@neft-gaz-novacii.ru
www.neft-gaz-novacii.ru

Учредитель
ООО «Издательский дом
«Нефть. Газ. Новации»

Журнал зарегистрирован
Министерством Российской
Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций
Рег. номер № С01964
от 25 февраля 1999 г.
Перерегистрирован 6 декабря 2016 г.
Рег. номер ПИ № ФС77-67941

Периодичность – 12 номеров в год
При перепечатке материалов
ссылка на журнал
«Нефть. Газ. Новации» обязательна

Тираж 10 000 экз.
Подписано в печать 31.01.2018
Цена: 870 руб. – печатная версия
1200 руб. – электронная версия

Отпечатано в типографии
ООО «Принт Сервис»
443070, г. Самара
ул. Верхне-Карьерная, 3а

УДК 553.982: 622.276

Природные и синтезированные наноразмерные окислы железа – нанороботы в процессах управления с помощью магнитного поля извлечением, транспортировкой, подготовкой и переработкой нефти

The Natural and Synthesized Nanoscale Iron Oxides - Nanobots in the Control Processes of the Production, the Transportation, the Preparation and the Refining of Oil by Using the Magnetic Field



Н.А. Еремин

В.И. Лесин, к.ф.-м.н.
vilesin@inbox.ru

Н.А. Еремин, д.т.н.,
проф.
ermn@mail.ru
/Институт проблем
нефти и газа РАН
и РГУ нефти и газа
(НИУ)
имени И.М. Губкина,
г. Москва/



В.И. Лесин

V.I. Lesin, PhD,
N.A. Eremin, DSc, Prof.
/Oil and Gas Research
Institute of Russian
Academy of Sciences/

Представлены нефтегазовые прорывные нанотехнологии. Рассматриваются свойства магнитных наноразмерных коллоидных частиц окислов железа, благодаря которым стало возможным создание управляемых магнитным полем нанороботов. Показано, как данные технологии позволяют снижать темпы отложения парафинов в насосно-компрессорных трубах скважин и трубопроводах, уменьшать расходы реагентов и ускорять сепарацию нефти и воды, увеличивать приемистость водонагнетательных скважин, осуществлять крекинг высокомолекулярных компонентов нефти.

Данная статья подготовлена по результатам научно-исследовательской работы по проекту Отделения наук о Земле РАН (Программа III.8 ОНЗ – 1) «Геология и перспективы освоения месторождений с трудноизвлекаемыми и нетрадиционными запасами нефти и газа на территории России».

Ключевые слова: магнитные наноразмерные коллоидные частицы окислов железа (НЧЖ), поверхностно-активные вещества, нанороботы, магнитное поле (МП) нанороботов, отложения парафинов в насосно-компрессорных трубах (НКТ) скважин, отложения парафинов в трубопроводах, сепарация нефти, крекинг высокомолекулярных компонентов нефти, магнитная обработка (МО) нефти, тяжелая нефть, осветление и демеркаптанизации нефтепродуктов, физико-химическая модификация буровых растворов, гидрофобизация глиносодержащих пор, заводнение с применением водных растворов нано- и бионаноагентов.

Oil-and-gas breakthrough nanotechnologies are presented. The properties of magnetic nanoscale colloidal of the iron oxide particles are considered, thanks to which it became possible to create nanorobots (nanobots) controlled by the magnetic field. It is shown how these technologies help to reduce the rate of the paraffin deposition in the tubing of wells and pipelines, to reduce reagent costs and accelerate the separation of oil and water, to increase the injectivity of water injection wells, and to carry out the cracking of high-molecular oil components.

Key words: nanoscale particles, colloid particles, iron oxides, surface-active agents, nanorobots, nanobots, magnetic field, paraffin deposits, tubing, well, pipeline, oil separation, oil cracking, high-molecular oil components, heavy oil, clarification of petroleum products, demercaptanization, drilling mud, hydrophobization, flooding, aqueous solutions, nanoagents, bioagents.

Магнитные наноразмерные коллоидные частицы окислов железа (НЧЖ), как правило, присутствуют в воде и нефти в концентрациях не менее 1 г/т. Подобные частицы, обладающие спектром ряда специфических свойств, можно создавать путем гидролиза солей железа в воде, содержащей примеси поверхностно-активных веществ (рис. 1, 2).

Благодаря наличию магнитных моментов, электрических зарядов, особой структуры поверхности НЧЖ можно использовать в качестве управляемых магнитным полем нанороботов, которые позволяют снижать темпы отложения парафинов в насосно-компрессорных трубах (НКТ) скважин и трубопроводах, уменьшать расходы реагентов и ускорять сепарацию нефти и воды, увеличивать приемистость водонагнетательных скважин, осуществлять крекинг высокомолекулярных компонентов нефти.

Магнитная обработка нефти и других коллоидных растворов осуществляется путем протекания флюида через трубопровод, внутри которого сформировано с помощью, например, постоянных магнитов высокоградиентное знакопеременное магнитное поле с типичной напряженностью порядка 1000 э.

Размеры НЧЖ (длина ~ 100–50 нм, диаметр ~ 20–10 нм, типичная масса 10^{-15} г [1]) позволяют им свободно перемещаться в поровом пространстве горной породы совместно с флюидами. Пространственное расположение атомов железа и кислорода на поверхности НЧЖ подобно взаимному расположению атомов углерода в органических соединениях, что приводит к высокой энергии адсорбции органических соединений на поверхности НЧЖ, а также сопровождается проявлением каталитической активности в процессах крекинга углеводородов. Благодаря такой структуре поверхности НЧЖ являются центрами роста агрегатов, образованных коллоидными частицами тяжелых компонентов нефти. В пе-

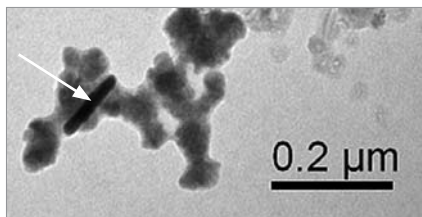


Рис. 1. Полученное методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) изображение образца отложений парафина. Частица окисла железа длиной порядка 100 нм (указана стрелкой) находится в составе агрегата коллоидных частиц нефти (округлые полупрозрачные частицы)

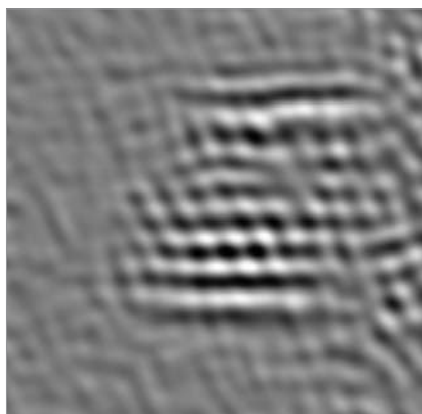


Рис. 2. Полученное методом ПЭМ высокого разрешения изображение поверхности коллоидной частицы окисла железа. Частица окисла железа получена методом гидролиза соли в воде. На изображении видны атомы железа и кислорода на поверхности

ресыщенных по растворенным газам нефти и водных растворах НЧЖ служат центрами образования газовых пузырьков, которые осуществляют очистку поверхности порового пространства от нефти и ее последующий флотационный перенос. НЧЖ могут служить катализаторами процессов крекинга углеводородов [2], чему способствует присутствие свободных радикалов – химически активных частиц в составе смол и асфальтенов, адсорбированных на их поверхности.

За счет межмолекулярного и магнитного взаимодействий НЧЖ образуют агрегаты – скопления, которые могут состоять из нескольких десятков-сотен частиц. Под действием специально сформированных в пространстве магнитных полей такие агрегаты распадаются на отдельные частицы,

увеличивая количество центров адсорбции асфальтенов и смол, кристаллизации парафинов, образования газовых пузырьков, каталитического превращения углеводородов. Изменение дисперсной составляющей сопровождается снижением вязкости нефти и буровых растворов, изменением pH воды, понижением темпов отложения парафинов, ускорением разрушения водонефтяных эмульсий, увеличением проницаемости коллекторов нефти для воды.

Установлено, что эффекты уменьшения вязкости и снижения темпов отложений парафинов после магнитной обработки проявляются всегда одновременно. Таким образом, если проявляется один из вышеприведенных эффектов, то одновременно проявляется и второй эффект. Например, снижение вязкости при магнитной обработке нефти сопровождается одновременным снижением темпов отложения парафинов в НКТ и наземных трубопроводах.

Использование акустических полей и других способов увеличения скорости сдвига при течении нефти также может сопровождаться разрушением агрегатов коллоидных частиц окислов железа и нефти. Однако для осуществления таких воздействий необходимы затраты либо внешней энергии, либо энергии пластового флюида, тогда как магнитная обработка осуществляется в потоке флюида с использованием высокоэергитивных постоянных магнитов и не требует никаких затрат энергии.

Физико–химический механизм воздействия МП и напряжением сдвига на вязкость тяжелой нефти и скорость отложений парафина

Согласно [1, 3], вязкость нефти η связана со средним радиусом фрактальных агрегатов R и их концентрацией n соотношением:

$$\eta = \eta_{\infty}(1 + Ka^3n(R/a)^{S+1}), \quad (1)$$

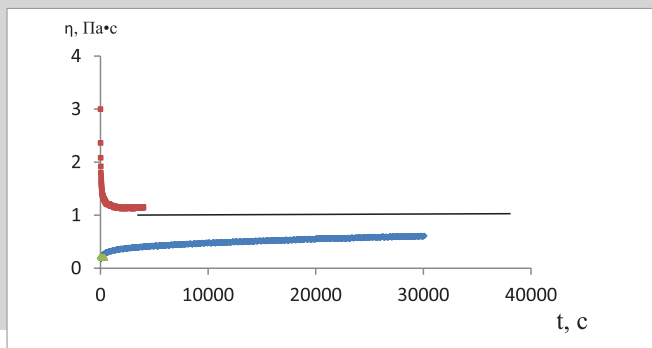


Рис. 3. Примеры снижения вязкости нефти, вызванного силами вязкого трения в условиях течения нефти при различных градиентах скорости dV/dx (скорости сдвига):

красная линия – изменение вязкости во времени при приведении нефти из состояния покоя в состояние движения со скоростью сдвига 1 с^{-1} ; синяя линия – рост вязкости во времени при течении со скоростью сдвига 1 с^{-1} после того, как нефть в течение 200 с двигалась со скоростью сдвига 1000 с^{-1} ; горизонтальная черная линия показывает величину стационарной вязкости при скорости сдвига 1 с^{-1} , достигнутой при переводе образца из состояния покоя в состояние движения

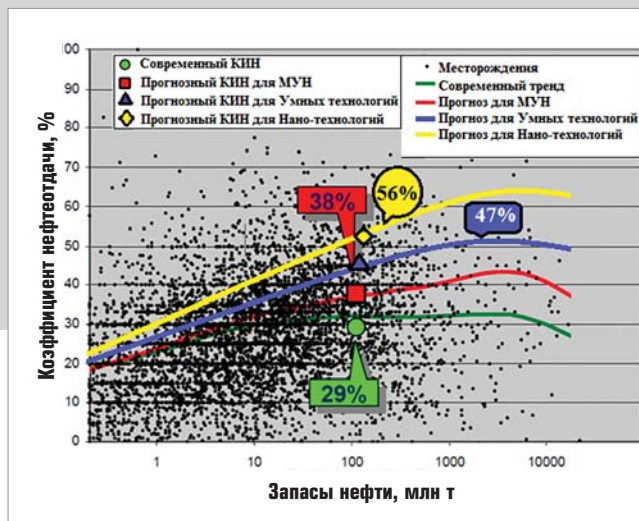


Рис. 4. Оценка вклада нанотехнологий в прирост среднего коэффициента нефтеотдачи

где η_{∞} – вязкость при полностью разрушенных агрегатах, a – радиус коллоидной частицы, S и K – постоянные, зависящие от параметров фрактальных агрегатов, определяемых температурой и внешними физическими воздействиями, n – концентрация центров роста агрегатов – НЧЖ.

При дроблении агрегатов НЧЖ в результате магнитной обработки (МО) увеличивается концентрация n , что приводит к перераспределению коллоидных частиц нефти по увеличившемуся количеству центров роста агрегатов и, как следствие, к уменьшению R . В результате величина $n(R/a)^{S+1}$ уменьшается, что приводит к снижению вязкости, величина которой зависит от содержания НЧЖ и, как правило, составляет несколько десятков процентов [4].

Аналогичный эффект снижения вязкости после МО имеет место и для буровых растворов, содержащих примеси НЧЖ.

Величина инерциального радиуса R агрегата зависит: от температуры; от действия сил вязкого трения; от действия напряжений, которые пропорциональны градиенту скорости течения $dV/dx=G$; от скорости сдвига и от других физических воздействий в силу малой величины энергии связи между коллоидными

частицами. Поэтому в результате перемешивания нефти с высокой скоростью сдвига G можно снизить вязкость в несколько раз, поскольку радиус R связан с G соотношением $R \sim G^{-p}$, где $p > 0$. Длительное воздействие высоких значений G при перемешивании приводит к тому, что после уменьшения G до величин, соответствующих течению нефти в трубопроводе, значительно более низкое значение вязкости сохраняется длительное время, достаточное для перекачки на большие расстояния.

На рис. 3 приведен пример такого воздействия сил вязкого трения. Видно, что после воздействия силами трения вязкость сохраняет величину примерно вдвое меньшую, чем до воздействия. При медленном снижении G в режиме равновесия можно достичь многократного снижения вязкости [5].

Уменьшения размеров агрегатов коллоидных частиц нефти и, следовательно, снижения вязкости нефти можно добиться путем акустического-сдвигового воздействия на нефть в пласте [5, 6].

Снижение скорости парафиноотложений в результате МО обусловлено уменьшением размеров агрегатов коллоидных частиц нефти, сформированных на НЧЖ. Так как начало парафиноотложений свя-

зано с частичной дегазацией скважинного флюида, рост центров кристаллизации – газообразования приводит к уменьшению размеров газовых пузырьков, образованных на таких центрах. При уменьшении среднего радиуса пузырьков снижается скорость их транспорта к стенкам трубопровода, уменьшается сила электростатического взаимодействия агрегатов НЧЖ – коллоидных частиц нефти и стенок скважины, трубопровода, растет эффективность флотационного выноса коллоидных частиц, что в итоге приводит к многократному (5–100 раз) снижению темпов отложения парафинов [6–9].

Физико-химический механизм воздействия МП на процесс разработки нефтяного месторождения с использованием заводнения

В ряде лабораторных экспериментов было показано, что МО сопровождается ростом приемистости пласта для омагниченной воды, увеличением полноты вытеснения нефти на несколько процентов случае присутствия в модельных образцах бентонитовых глин, увеличением продолжительности периода безводного вытеснения, уменьшением вероятности

формирования языков прорыва воды, отсутствием эффекта при отсутствии глинистых минералов в пористой среде, отсутствием или малой величиной эффекта при использовании дистиллированной воды и большой величиной эффекта при использовании водопроводной воды.

Покажем, как в рамках предложенной физико-химической модели можно объяснить указанные выше эффекты магнитной обработки воды.

Известно, что глинистые минералы (особенно монтмориллонит) адсорбируют на своей поверхности полярные органические молекулы типа смол и асфальтенов, что широко используется, например, для осветления и демеркаптанации нефтепродуктов, физико-химической модификации буровых растворов путем добавления органических веществ, содержащих гетероатомы кислорода, серы и т.д. Это свойство глин объясняется фактом наличия электрического заряда и электропроводящих слоев воды на поверхности глинистых минералов, благодаря которым между органическим молекулами, содержащими полярные группы и алифатические фрагменты (например смолами, имеющими полярную «голову» и неполярный «хвост»), и поверхностью глинистого минерала возникают силы электростатического притяжения. Благодаря особенностям строения содержащихся в нефти полярных компонентов поверхности глинистых минералов могут приобретать гидрофобные свойства из-за адсорбции на их поверхности смол, асфальтенов, нафтеновых кислот и других компонентов нефти. При этом следует учитывать, что адсорбция смол и асфальтенов сопровождается включением в состав адсорбционного слоя также и молекул ароматических углеводородов и других компонентов нефти, например тяжелых масел. Наличие на поверхности поры гидрофобных участков препятствует

проникновению в нее воды, из-за чего определенный объем порового пространства не подвергается воздействию заводнения. Гидрофобизация глиносодержащей поверхности пор полярными фрагментами нефти, следовательно, приводит к снижению полноты вытеснения нефти и скорости фильтрации, формированию языков прорыва воды.

Чтобы гидрофилизировать поверхность поры, необходимо десорбировать смолы и асфальтены с поверхности глинистых минералов, что можно реализовать за счет их переадсорбции на поверхность ферромагнитных примесей, присутствующих в воде. Переадсорбция на ферромагнитные примеси осуществляется благодаря значительному энергетическому выигрышу, поскольку энергия адсорбции у частиц железа выше, чем у частиц глины.

Высокая проникающая способность микрочастиц железа обеспечивается формированием на их поверхности газовых микропузырьков, образованных растворенным в воде газом. Более того, сама поверхность раздела фаз «газовый пузырек – жидкость» служит в качестве поверхности, адсорбирующей смолы и асфальтены, что также способствует десорбции нефти с поверхности глинистых частиц и гидрофилизации поверхности пор [10, 11].

Оценки возможных эффектов применения магнитообработанной воды в лабораторных экспериментах [10] показывают, что указанные выше эффекты МО реально достижимы при достаточно полном дроблении агрегатов частиц железа. Результаты лабораторных экспериментов согласуются с результатами промышленных экспериментов [12], в которых достигнуто увеличение приемистости водонагнетательных скважин более чем на 100 %.

Таким образом, физико-химический механизм увеличения эффективности заводнения после магнитной обработки состоит в вовлече-

нии в процесс движения объемов нефти, содержащихся в поровых пространствах, ранее блокированных гидрофобизированными узкими порами с гидрофобизированной поверхностью, содержащими частицы глины с адсорбированными на них слоями полярных молекул нефти.

Заводнение с применением водных растворов нано- и бионаноагентов, безусловно, относится к прорывным нефтегазовым технологиям цифровой модернизации нефтегазового комплекса страны [16]. Оценка вклада нанотехнологий в прирост среднего коэффициента нефтеотдачи для нефтяных месторождений с легкой нефтью приведена на **рис. 4** [15].

Эмульсии воды в нефти относятся к термодинамически неустойчивым дисперсным системам, свободная энергия которых повышена благодаря значительной площади раздела фаз. Термодинамическая неустойчивость выражается в снижении величины свободной энергии за счет самопроизвольного расслоения смеси на нефть и воду в результате слияния капель эмульсии. Все существующие способы, за исключением отстаивания, можно рассматривать как технологические приемы ускорения естественных процессов разделения фаз для минимизации свободной энергии системы, т.е. минимизации площади поверхности раздела фаз воды и нефти. Слиянию капель воды препятствует наличие на границе раздела двух фаз относительно прочной пленки, создающей барьер для взаимного слияния при столкновениях капель воды и нефти. В состав пленок – бронирующих оболочек входят в качестве структурных элементов механические примеси, молекулы асфальтенов, смол, тяжелых масел и нефтяных остатков, кристаллы парафинов.

Эмульсии из смеси свободной воды и нефти возникают в результате длительного взаимного перемешивания (затрат энергии на создание дополнительной по-



верхности раздела), что приводит к появлению капель, на поверхности которых в силу особенностей своего строения адсорбируются асфальтены, смолы и твердые частицы, имеющие электрический заряд. Адсорбированный на поверхности капли сплошной слой – бронирующая оболочка обладает прочностью на разрыв, способностью к растяжению и упругими свойствами, поэтому только столкновение с высокой относительной скоростью приводит к разрыву оболочки и слиянию капель. Роль бронирующей оболочки, таким образом, состоит в создании энергетического барьера для слияния капель.

Ускорить разделение фаз, следовательно, можно путем разрушения или уменьшения прочности бронирующих оболочек, создания в них разрывов. Разрывы могут создаваться при дроблении входящих в состав оболочек агрегатов примесей ферромагнитных частиц железа под действием СМП. Разрушение бронирующих оболочек при МО приводит к увеличению скорости отделения воды от нефти на 200–400 % [13].

Промышленный эксперимент, проведенный на установке предварительного сброса воды с производительностью до 1,5 млн т жидкости в год, показал, что с помощью МО можно достичь снижения расхода деэмульгатора на 40–30 %, уменьшения температуры сепарации на 10–

12 °С, предотвращения образования стойкой эмульсии на границе раздела фаз «нефть – вода».

Физико-химический механизм увеличения прочности и снижения проницаемости цементного камня

МО цементного раствора приводит к увеличению концентрации центров кристаллизации НЧЖ, в результате чего после затвердевания-гидратации силикатов кальция характерный размер кристаллов значительно уменьшается. Сформированный из более мелких кристаллов цементный камень обладает более высокой прочностью, более низкой проницаемостью и более высокой адгезией к стенкам, например, обсадной колонны скважины [14].

Заключение

Предложена физико-химическая модель действия МО и напряжений сдвига, в рамках которой находят объяснения наблюдающиеся эффекты. На основе модели возможно совершенствование методик воздействия МО и напряжений сдвига. Разработаны новые методики воздействия на коллоидные растворы с целью изменения важных технологических характеристик процессов нефтегазового производства.

Литература

1. Лесин В.И., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б. Магнитные наночастицы в составе агрегатов коллоидных частиц нефти // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 95–97.
2. Лесин В.И., Лесин С.В., Иванов Е.В. Окислительный крекинг нефти пероксидом водорода в присутствии наночастиц оксида железа // Наногетерогенный катализ. – 2017. – Т. 2. – № 1. – С. 38–42.
3. Lesin V.I., Koksharov Yu.A., Khomutov G.B. Viscosity of liquid suspensions with fractal aggregates: magnetic nanoparticles in petroleum colloidal structures // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, (2011), v. 392, pp. 88–94.
4. Лесин В.И. Особенности релаксации вязкости неньютоновской нефти после воздействия градиентами скорости и магнитными полями // Нефтепромысловое дело. – 2008. – № 1. – С. 43–46.
5. Лесин В.И., Клепиков И.А., Лесин С.В. Использование сдвигового воздействия для снижения вязкости нефти // Георесурсы, геознергетика, геополитика. – 2016. – № 1(13), oilgasjournal.ru
6. Лесин В.И., Лесин С.В. Физико-химический механизм воздействия колебаний давления жидкости на фильтрационные свойства нефти и пористой среды // Бурение и нефть. – 2003. – № 3. – С. 24–26.
7. Лесин В.И. Физико-химический механизм предотвращения парафиноотложений с помощью постоянных магнитных полей // Нефтепромысловое дело. – 2001. – № 5. – С. 21–23.
8. Лесин В.И. Область наиболее эффективного применения магнитных депарафинизаторов при защите от отложений насосно-компрессорных труб добывающих скважин // Бурение и нефть. – 2002. – № 12. – С. 24–27.
9. Анализ результатов опытно-промышленного применения

- магнитных депарафинизаторов на нефтяных месторождениях Оренбургской области / М.Н. Персиянцев, Ю.А. Сазонов, В.С. Однолетков, И.Р. Василенко, В.И. Лесин // Нефтепромысловое дело. – 1998. – № 2. – С. 24–26.
10. Патент № 2118447 Способ разработки нефтяного месторождения / Аметов И.М., Хавкин А.Я., Лесин В.И., Дюнин А.Г., Чернышов Г.И.
11. Лесин В.И., Михайлов Н.Н., Сечина Л.С. Использование коллоидных частиц железа в воде для модификации поверхности порового пространства коллекторов нефти и газа // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2002. – № 5. – С. 78–81.
12. Повышение приемистости нагнетательных скважин с помощью магнитных устройств в НГДУ «ИРКЕННЕФТЬ» / Р.Х. Муслимов, Р.С. Хисамов, Э.И. Сулейманов, А.Я. Хавкин, В.И. Лесин, И.Р. Василенко // Нефтяное хозяйство. – 1998. – № 7. – С. 24–25.
13. Лесин В.И. Физико-химический механизм разрушения водонефтяных эмульсий под действием магнитного поля // Актуальные проблемы теории адсорбции, модификации поверхности и разделения веществ: материалы VII Всероссийского симпозиума, Отделение общей и технической химии РАН, 22–26 апреля 2002 г., Москва – Клязьма. – М., 2002. – С. 102.
14. Патент № 2117750 Способ обработки цементного тампонажного раствора и устройство для его осуществления / Василенко И.Р., Лесин В.И., Хавкин А.Я.
15. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Инновационный потенциал умных нефтегазовых технологий // НТЖ «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений». – 2016. – № 1. – С. 6.
16. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровая модернизация нефтегазового комплекса России // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 54–58.