

**Научный совет РАН по проблемам геологии и разработки
месторождений нефти и газа
(НСПГРМНГ РАН)**

**Нанотехнологическое общество России
(НОР)**

**Парламентский Центр «Наукоемкие технологии,
интеллектуальная собственность» ФС РФ
(ПЦ «НТИС» ФС РФ)**

**Российский государственный университет нефти и газа
(Национальный исследовательский университет)
имени И.М.Губкина**

**(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина)
Фонд инноваций имени Н.К.Байбакова
(Байбаков-Фонд)**

НАНОЯВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: ОТ НАНОМИНЕРАЛОГИИ И НАНОХИМИИ К НАНОТЕХНОЛОГИЯМ

В основе миллиардного бизнеса – «нано»

**Материалы VI Международной Конференции
«NANOTECHOILGAS-2018»**

Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, 20-21 ноября 2018г.



МОСКВА – 2018

«Наноявления при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии и нанохимии к нанотехнологиям» / под ред. Хавкина А.Я. // Материалы VI Международной Конференции в г. Москва 20-21 ноября 2018г., НСПГРМНГ РАН, НОР, ПЦ ФС РФ «НТИС», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Байбаков-Фонд, М.: ОАО «Творческая Мастерская, 2018, 310с.

ISBN 978-5-91961-276-6

Представлены материалы VI Международной Конференции, показывающие определяющее влияние наноявлений в нефтегазовых пластах и промышленном оборудовании на эффективность добычи нефти и газа.

В числе докладчиков Конференции представители России, Франции, Азербайджана, Израиля, Казахстана, Китая из городов Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Краснодара, Уфы, Ижевска, Новосибирска, Самары, Сколково, Альметьевска, Парижа, Баку, Пекина, Холона, Актау. Доклады представили ученые из ведущих университетов России: МГУ имени М.В. Ломоносова, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Санкт-Петербургского горного университета, Казанского (Приволжского) федерального университета, Башкирского государственного университета, Удмуртского государственного университета, Ижевского государственного технического университета, Самарского университета, из ряда институтов Российской академии наук и производственных организаций.

На Конференции прошли заседания Пленарные и по тематическим секциям: NC – Нанохимия нефтегазовых систем, NP – Наноявления в нефтегазовой сфере, NM – Наноминералогия коллекторов и флюидоупоров нефти и газа, NT – Нефтегазовые нанотехнологии, NE – Наноматериалы и охрана окружающей среды при добыче нефти и газа, а также NA – стендовые доклады в рамках вышеуказанных тематических секций.

Для организаторов научной деятельности, специалистов по нанотехнологиям и разработке месторождений нефти и газа.

«Nanophenomena at the hydrocarbon fields development: from nanomineralogy and nanochemistry to nanotechnologies»® / under ed. Khavkin A.Ya. // Materials of the VI International Conference, Moscow, November 20-21, 2018, SCGDOGFRAS RNS, PC «НТИС» FA RF, Gubkin University, Baybakov-found, M.: JSC «Creative Workshop, 2018, 310p.

It is presented the materials the VI International Conference, showing determining influence nanophenomena in oil-and-gas layers and in the trade equipment on efficiency of an oil and gas recovery.

Among lecturers of Conference representatives the lecturers from of Russia, France, Azerbaijan, Israel, Kazakhstan, China from cities of Moscow, Sankt-Petersburg, Kazan, Krasnodar, Ufa, Izhevsk, Novosibirsk, Samara, Skolkovo, Almetjevsk, Paris, Baku, Beijing, Holon, Aktay.

The reports were presented by scientists from leading universities of Russia and from a number of institutes of the Russian Academy of Sciences and production organizations.

At Conference have passed sessions Plenary and thematic: NC – Nanochemistry of petroleum systems, NP – Nanophenomena and nanofluidics in oil & gas fields, NM – Nanomineralogy of oil & gas reservoirs and seals, NT – Petroleum nanotechnologies, NE – Nanomaterials and environmental protection in oil & gas industry, and also NA – posters session within the framework of above-stated thematic sessions.

For organizers of scientific activity, experts on nanotechnologies and on development of oil and gas fields.

ISBN 978-5-91961-276-6

© – авторы докладов, 2018 – свои доклады (authors of reports, 2018 - the own reports)

© – Хавкин А.Я., 2018 – редактирование, составление, макет (Khavkin A.Ya., 2018, – editing, drawing up, design)

© – Хавкин А.Я., Изотов В.Г., 2010 – эмблема (Khavkin A.Ya., Izotov V.G., 2010 – an emblem)

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

20 ноября 2018 г., вторник

09.00-	<u>Регистрация участников, получение материалов конференции,</u>	
10.00	<u>обсуждение тем докладов конференции</u>	
	Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для нефтегазового комплекса» (НГК) Нанотехнологического общества России (НОР)	
10.00-	<u>Пленарное заседание</u>	
13.00	Сопредседатели заседания:	
	Калюжный В.И. – Президент НП «Консорциум «Союзнефтегазинвест»	
	Шмаль Г.И. – Президент Союза нефтегазопромышленников РФ	
	Мартынов В.Г. – Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д.э.н., проф.	
	Быков В.А. – Президент НОР, Генеральный директор НТ-МДТ, д.т.н., проф., лауреат Медали ЮНЕСКО «За вклад в развитие нанонауки и нанотехнологий»	
10.00-	Приветствие Сопредседателя Программного Комитета Конференции	
10.20	Е.П.Велихова, Председателя Президиума РАН, д.ф.-м.н., проф., академика РАН ...	10
10.20-	Современные проблемы нефтегазовой отрасли	11
10.40.	Калюжный В.И.	
	(Президент НП «Консорциум «Союзнефтегазинвест», Министр топлива и энергетики РФ (1999-2000гг.), Чрезвычайный и полномочный посол РФ, Москва)	
10.40-	Будущие специалисты отрасли – главный вопрос сегодняшнего дня	14
11.00	Шмаль Г.И. (Президент Союза нефтегазопромышленников России, Москва)	
11.00-	Сырьевая база нефтегазовых ресурсов РФ	18
11.20	Шпуров И.В. (Генеральный директор Государственного комитета по запасам природных ресурсов РФ, Москва)	
11.20-	Open innovation for nanotechnology solution development	24
11.40	(Нанотехнологии для добычи и разработки в компании Тоталь)	
	Dauboin P. (TOTAL E&P, Innovation Manager, Former Director of Moscow Research and Innovation Centre, France, Paris)	
11.40-	Зондовая микроскопия и спектроскопия для исследования поверхностных	
12.00	структур аморфных и кристаллических материалов: измерения и технологии нанометрового масштаба	30
	Быков В.А. (Президент НОР, Генеральный директор НТ-МДТ, Кафедра микроэлектроники ФФКЭ МФТИ, Москва)	
12.00-	Organic water soluble silicates for the protective nanostructured coatings &	
12.20	covering	33
	Figovsky O L. (Association of Israeli Inventors, Israel)	
12.20-	Катализаторы и технологии гидрогенизационных процессов	35
12.40	Малышев Н., Логинов С., Смирнов В.К.	
	(ООО «Компания КАТАХИМ», ООО «Сервис Катализаторных Систем», Москва)	
12.40-	Металлические наноматериалы и лазеры для нефтегазовой отрасли	43
13.00	Карпюк Л.А., Парфенов А.А., Шамин Д.В.	
	(АО «ВНИИНМ», Москва)	
13.00-	Обеденный перерыв	
14.00		
14.00-	<u>Продолжение Пленарного заседания</u>	
16.40	Сопредседатели заседания:	
	Фахретдинов Р.Н. – Генеральный директор ООО МПК «ХимСервисИнжиниринг», д.х.н., проф.	
	Рогачев М.К. – Зав. кафедрой Санкт-Петербургского горного университета, д.т.н., проф.	
14.00-	Российский опыт добычи газа из нанокolleкторов	52
14.20	Коротков С.В., Ивакин Р.А., Григулецкий В.Г.	
	(ООО «Газпром добыча Краснодар», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина)	
14.20-	Опыт использования нанотехнологий для повышения КИН	65
14.40	Фахретдинов Р.Н., Якименко Г.Х., Бобылев О.А., Тастемиров С.А.	
	(ООО МПК «ХимСервисИнжиниринг», Москва)	

14.40-16.00	Состояние метастабильных гидратов метана в глинах вечной мерзлоты	69
	<i>Якушев В.С.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
16.00-16.20	Влияние структуры порового пространства на недобор Россией 100 млн. т нефти в год	74
	<i>Хаевкин А.Я.</i> (НОР, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
16.20-16.40	Азербайджанский журнал по нанотехнологиям о нефтегазодобыче	78
	<i>Шахбазов Э.К.</i> (ГНКАР-SOCAR, Баку, Азербайджанская Республика)	
16.40-17.00	Нанотехнологическая кооперация академических институтов, вузов и производственных предприятий	80
	<i>Раткин Л.С.</i> (Главный специалист НИЦ «Курчатовский институт» РАН, Москва)	
17.00-17.20	Современные системы измерения объема и массы нефтепродуктов с использованием нанотехнологий	92
	<i>Павлов Б.П., Шашин С.Ю.</i> (Дирекция федеральных целевых и региональных программ, Казань)	
17.20-17.40	Проблемы и технологии обессеривания нефти	96
	<i>Чернышева Е.А., Кожевникова Ю.В., Смирнова Л.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
17.40-18.00	Актуальные проблемы инновационного развития нефтегазового комплекса	99
	<i>Севостьянов В.Л.</i> (Ученый секретарь ПЦ ФС РФ «Научное общество «Интеллектуальная собственность», Москва)	
18.00-19.00	Обсуждение пленарных докладов, предложений по Резолюции Конференции	

21 ноября 2016г., среда

9.00-10.20 Продолжение Пленарного заседания

10.20 Сопредседатели заседания:

Малинецкий Г.Г. – Вице-президент НОР, Зав. лабораторией Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, д.ф.-м.н., проф.

Хавкин А.Я. – Член Центрального Правления Нанотехнологического общества России, д.т.н., проф. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина

9.00-9.20 **Наномодифицированные текстильные материалы для нефтегазовой отрасли** ... 100

Кричевский Г.Е. (Нанотехнологическое общество России, Москва)

9.20-9.40 **Комплекс космогеологических методов поисков углеводородного сырья**
 104 |

Туманов В.Р. (ООО Космические технологии, Москва)

9.40-10.00 **Шельф. Энергетика. Миропорядок**
 111 |

Бабкин В.И. (Эксперт Государственной думы РФ, Москва)

10.00-10.20 **Геополитика углеводородов. Геозкономика. Геокультура**
 115 |

Малинецкий Г.Г., Ахромеева Т.С., Иванов В.В.

(Институт прикладной математики имени М.В.Келдыша РАН, Президиум РАН, Москва)

10.20-10.30 Перерыв

10.30 Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР

10.30-11.20 Секция НС «Нанохимия нефтегазовых систем»

11.20 Сопредседатели заседания:

Сафиева Р.З. – Зав. кафедрой РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, д.т.н., проф.

Локтев А.С. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.х.н., проф.

10.30-10.40 **Кислородная и углекислотная конверсия метана в синтез-газ, катализируемая никелем и кобальтом, нанодиспергированными в матрице цеолита MF1**
 126 |

Мухин И.Е., Караваев А.А., Локтев А.С., Роголева Е.В., акад. РАН А.Г.Дедов, акад. РАН И.И.Моисеев (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)

10.40-10.50 **Влияние кремнеземного модуля цеолитов MF1, синтезированных гидротермально-микроволновым методом, на их пористую структуру, кислотные и каталитические свойства**
 130 |

Митиненко А.С., Караваев А.А., Локтев А.С., акад. РАН Дедов А.Г.

(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)

10.50-11.00 **Методы получения нанопибриллярной целлюлозы**
 136 |

Аникушин Б.М., Новиков А.А., Гуштин П.А., Иванов Е.В., Винокуров В.А.

(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)

6

11.00-	Модификация внутреннего пространства природных алюмосиликатных нанотрубок наночастицами Ru с использованием азинов в качестве лигандов ...	140
11.10	<i>Чудаков Я.А., Аникушин Б.М.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
11.10-	Влияние легких углеводородов на устойчивость структуры тяжелой нефти в термических процессах	143
11.20	<i>Косачев И.П., Борисов Д.Н., Якубов М.Р., Шамсуллин А.И., Айнуллов Т.С.</i> (ИОФХ им. А.Е.Арбузова КНЦ РАН, Казань, ПАО «Татнефть» им. В.Д.Шашина, Альметьевск)	
11.20-	Перерыв	
11.30	Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР	
11.30-	<u>Секция НР «Наноявления и нанофлюидика в нефтегазовой сфере»</u>	
13.20	Сопредседатели заседания:	
	Кадет В.В. – Зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.т.н., проф.	
	Шевырёва Т.В. – Профессор ФГБОУ ВО «МПГУ», к.п.н.	
11.30-	Достижения квантовой физики для нефтегазовых технологий	147
11.40	<i>Серебряков С.Г.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
11.40-	Влияние структуры порового пространства на течение наноразмерных водонефтяных эмульсий	150
11.50	<i>Галечан А.М., Кадет В.В.</i> (ООО Шлюмберже Восток, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
11.50-	Гидродинамическое моделирование полимерного заводнения с использованием перколяционного подхода к описанию ФЕС	155
12.00	<i>Ярыш В.В., Кравченко М.Н., Кадет В.В.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
12.00-	Влияние неньютоновских свойств нефти на КИН при вытеснении нефти разноминерализованными полимерными растворами	159
✓ 12.10	<i>Хавкин А.Я., Хавкин Б.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
12.10-	Математическое моделирования распространения взрывной волны в пористой среде	163
12.20	<i>Кравченко М.Н., Рыбакин Б.П., Смирнов Н.Н.</i> (РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва)	
12.20-	Исследование влияния капиллярных эффектов на фильтрационные течения в пористых средах в условиях микрогравитации	168
12.30	<i>Скрылева Е.И., Никитин В.Ф., Смирнов Н.Н., Душин В.Р.</i> (МГУ имени М. В. Ломоносова, Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Москва)	
12.30-	Экспериментальное изучение диффузии солей в водонасыщенных терригенных породах	179
12.40	<i>Шеляго Е.В., Язынина И.В., Йебоах Р.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
12.40-	Методика реологических исследований нефти для оценки фазового состояния в ней парафинов	184
12.50	<i>Александров А.Н., Рогачев М.К.</i> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург)	
12.50-	Экспериментальное исследование воздействия ВЧ и СВЧ электромагнитных полей на нефтяные сланцы	192
13.00	<i>Ковалева Л.А., Зиннатуллин Р.Р., Султангаужин Р.Ф., Сектаров Э.С., Спасённых М.Ю.</i> (Башкирский государственный университет, Уфа; Сколковский институт науки и технологий, Сколково)	
13.00-	Особенности образования газовых гидратов в морских осадках	198
13.10	<i>Суетнова Е.И.</i> (Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва)	
13.10-	Применение численного моделирования для изучения теплового воздействия на газовые гидраты в пористой среде	201
13.20	<i>Повещенко Ю.А., Казакевич Г.И.</i> (Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Москва)	
13.20-	Обеденный перерыв	
14.20		

14.20-	Секция NM «Наноминералогия коллекторов и флюидоупоров нефти и газа»	
15.00	Сопредседатели заседания:	
	Постникова О.В. – Зав. лабораторией РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.г.-м.н., проф.	
	Якимов А.С. – Доцент РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, к.г.-м.н.	
14.20-	Мобильная геофизика при поисках и разведке месторождений углеводородов	
14.30	доманиковых отложений	204
	<i>Боровский М.Я., Успенский Б.В., Якимов А.С., Таеризов В.Е., Liang Xinping</i> (КФУ, ООО «Геофизсервис», Казань, Республика Татарстан; РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия; Научно-исследовательский институт по разведке и разработке нефти СИНОПЕК, Пекин, Китай)	
14.30-	Иерархическая структура пустотного пространства тонкодисперсных пород	
14.40	продуктивных отложений	211
	<i>Постникова О.В., Постников А.В., Сивальнева О.В., Антипова О.А., Пошибаев В.В.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
14.40-	Особенности вещественного состава пород баженовской свиты	214
14.50	<i>Ситдикова Л.М., Бондарев Е. В, Хасанова Н.М.</i> (КПФУ, Казань)	
14.50-	Проявление каталитической активности наноразмерных фаз глинистых	
15.00	минералов в пластовых условиях	216
	<i>Косачев И.П., Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Косачева Э.М.</i> (ИОФХ им. А.Е.Арбузова КНЦ РАН, Казанский Приволжский федеральный университет, Казань)	
15.00-	Перерыв	
15.20	Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР	
15.20-	Секция NT «Нефтегазовые нанотехнологии»	
17.20	Сопредседатели заседания:	
	Кошуг Д.Г. – Декан ВШИБ (факультет) МГУ имени М.В.Ломоносова, д.г.-м.н., проф.	
	Шахбазов Э.К. – Директор Департамента ГНКАР-SOCAR, д.т.н., проф., Азербайджанская республика	
✓ 15.20-	Наноразмерные механизмы обводнения скважин	220
15.30	<i>Хавкин А.Я.</i> (НОР, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
15.30-	Перспективы применения нанотехнологий для повышения эффективности	
✓ 15.40	разработки нефтяных месторождений (на примере пласта ЮВ11 Безымянного месторождения)	225
	<i>Хавкин А.Я., Оленина И.В.</i> (ВШИБ МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва)	
15.40-	Управление реологическими свойствами нефти электромагнитным полем	233
15.50	<i>Каримова Г.И., Ковалева Л.А.</i> (Башкирский государственный университет, Уфа)	
15.50-	Особенности применения бинарных смесей для интенсификации притока	
16.00	на месторождениях поздней стадии разработки	237
	<i>Кравченко М.Н., Диева Н.Н., Мурадов А.В., Лищук А.Н.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, ООО «Управляющая компания «Группа ГМС»)	
16.00-	Предупреждение осложнений при бурении на основе анализа фазового	
16.10	состояния пород в призабойной зоне	241
	<i>Васильева З.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
16.10-	Нанотехнологии подготовки буровых растворов для защиты нефтегазовых	
16.20	залежей на примере месторождений КНР	246
	<i>Хуа С., Кадет В.В., Оганов А.С.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, РФ, Китай))	
16.20-	Эффективность закачки полимер-гелевой системы «темпоскрин-люкс»	
16.30	в пласт с суперколлекторами	255
	<i>Чагиров П.С., Донских Д.А., Никулин К.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
✓ 16.30-	Планирования мероприятий по интенсификации добычи нефти	
✓ 16.40	на основе методики деревьев решений	262
	<i>Натаров А.Л., Борхович С.Ю., Колесова С.Б.</i> (АО «Белкамнефть» им. А.А.Волкова, УдГУ, Ижевск)	

16.40- 16.50	Повышение эффективности разработки сложнопостроенных залежей нефтегазовых месторождений с трещинными коллекторами с помощью нанотехнологий	270
	<i>Рыскин А.Ю., Долгополов М.В.</i> (ООО РИНГО ГРУПП, Самарский университет, МИП ООО ТП АиСТ, Самара)	
16.50-	Перерыв	
17.00	Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР	
17.00-	Секция НЕ «Наноматериалы и охрана окружающей среды в нефтегазовой сфере».	
18.00	Сопредседатели заседания:	
	Плетнев М.А. – Директор НОЦ «Нанотехнологии для ТЭК» ИжГТУ, д.х.н., проф. Изотов В.Г. – Член бюро секции «НТНГК» НОР, к.г.-м.н.	
17.00-	Возможность использования металлизационного покрытия для защиты монтажных стыков нефтепромысловых трубопроводов	272
17.10	<i>Елагина О.Ю., Бурякин А.В., Буклаков А.Г., Волков И.В., Будникова Т.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
17.10-	Использование таталовых чип конденсаторов в разработке и производстве оборудования для ТЭК	276
17.20	<i>Плетнев М.А., Рыбин С.В., Шукшин М.Н.</i> (НОЦ «Нанотехнологии для ТЭК» ИжГТУ имени М.Т. Калашникова ОАО «Элеконд», Ижевск)	
17.20-	Разработка технологии и установки плазменной импульсной резки	279
17.30	<i>Раденко А.В., Раденко В.В., Свирков В.Б., Долгополов М.В.</i> (ООО МИК «Квазар», ООО ТП АиСТ, Самарский университет, Самара)	
11.00-	Секция НА «Стендовые доклады»	
12.00	Сопредседатели секции:	
	Кравченко М.Н. – Доцент РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.ф. - м.н. Ситдикова Л.М. – Доцент Казанского Приволжского федерального университета, к.г.- м.н.	
NA1	Экспериментальные исследования роли ионнообмена при реализации полимерной технологии разработки месторождения Каламкас	281
✓	<i>Хавкин А.Я., Иманбаев Б.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва, АО «Мангистаумунайгаз», Актау, Казахстан)	
NA2	Анализ эффективности технологии пароциклической обработки пласта в качестве метода увеличения нефтеотдачи	285
	<i>Ахметшина А.М.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
NA3	Оценка эффективности использования установок парогазового цикла на компрессорных станциях магистральных газопроводов	288
	<i>Гупалов Р.С., Калинин А.Ф.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
✓ NA4	Применение технология Data mining в добычи нефти и газа	290
	<i>Борхович С.Ю., Натаров А.Л., Колесова С.Б.</i> (УдГУ, АО «Белкамнефть» им. А.А.Волкова, Ижевск)	
NA5	Образование нано-композитов Ru	295
	<i>Микаилова М.Р.</i> (Азербайджанский Государственный Нефтяной и Промышленный Университет, Баку)	
NA6	Нефтегазовые ориентиры РАН	297
	<i>Хавкин А.Я.</i> (Эксперт РАН, Москва)	
NA7	Шестая конференция «NANOTECHOILGAS»	306
	<i>Изотов В.Г., Севостьянов В.Л., Хавкин А.Я.</i> (НОР, Москва)	
17.30-	Итоговое заседание	
17.50	Сопредседатели заседания:	
	Мурадов А.В. – Проректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.т.н., проф. Хавкин А.Я. – Председатель Оргкомитета Конференции, д.т.н. Выработка документов конференции, выдача сертификатов участникам	
17.50- 18.00	Заседание секции «Нанотехнологии для НГК» НОР, прием новых членов секции	

ВЛИЯНИЕ НЕНЬЮТОНОВСКИХ СВОЙСТВ НЕФТИ НА КИН ПРИ ВЫТЕСНЕНИИ НЕФТИ РАЗНОМИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ РАСТВОРАМИ

А.Я.Хавкин, Б.А.Хавкин

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва

Проведены расчеты вытеснения ньютоновской и неньютоновской нефтей в пятиточечной системе размещения скважин при применении полимерных растворов с разноминерализованными водами, влияющими через ионнообмен на вязкость полимерного раствора и КИН.

Рассмотрим процесс вытеснения ньютоновской и неньютоновской нефтей в пятиточечной системе размещения скважин при применении полимерных растворов с разноминерализованными водами для одного из месторождений с высоковязкой нефтью.

На месторождении с повышенной вязкостью пластовой нефти 13,4 мПа·с рекомендовано применять закачку полимерных систем, затворенных на минерализованной воде 116 г/л при температуре 40°C, обеспечивающей вязкость полимерного раствора 19 мПа·с [1].

В соответствии с [1], примем для расчетов пористость 28%, толщину пласта 9 м, коэффициент нефтенасыщенности 0,8, предельное значение остаточной нефтенасыщенности – 0,3, начальное пластовое давление 9 МПа, температуру 40°C, вязкость воды в пластовых условиях 1 мПа·с, объем закачки – 100 м³/сут.

Были рассчитаны следующие модельные варианты вытеснения нефти на месторождении Каламкас: заводнение минерализованной водой, вытеснение нефти оторочкой полимерного раствора на минерализованной воде в размере 30% порового пространства, вытеснение нефти полимерным раствором на подтоварной воде, варианты вытеснения неньютоновской нефти при тех же параметрах.

Примем m – пористость, k – проницаемость пористой среды, S – водонасыщенность, w – суммарная скорость фильтрации фаз, c и b – заданные в долях единицы концентрация полимера и солей в воде, соответственно, a и α – количество сорбированного полимера и солей в единице объема пористой среды, f_i – относительные фазовые проницаемости (индекс $i = 1$ относится к воде), μ_i – вязкости фаз. Обезразмерим все параметры:

$$\bar{c} = c/c^*; \bar{b} = b/b^*; \bar{a} = a/(c^*); \bar{\alpha} = \alpha/(b^*); \bar{w} = w/w^*; \mu = \mu_1/\mu_2 \quad (1)$$

Система уравнений (математическая модель), описывающая процесс вытеснения нефти полимерным раствором с учетом ионного обмена (влияния минерализации воды) в безразмерном виде (черточки над безразмерными переменными опущены) состоит из уравнений баланса для воды, нефти, полимеров и солей и уравнений фильтрации (F – функция Баклея-Левретта) [2-4]:

$$\begin{cases} m \frac{\partial S}{\partial t} + w_x \frac{\partial F}{\partial x} + w_y \frac{\partial F}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial (mcS + a)}{\partial t} + w_x \frac{\partial (cF)}{\partial x} + w_y \frac{\partial (cF)}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial (mbS + \alpha)}{\partial t} + w_x \frac{\partial (bF)}{\partial x} + w_y \frac{\partial (bF)}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Модельные кривые фазовых проницаемостей были выбраны в соответствии с [2-4] и конкретными данными по месторождению [1]:

$$f_1(S, a) = \frac{l}{a+l} \left[\frac{S-0,2}{0,8} \right]^2; f_2(S) = \left[\frac{0,7-S}{0,5} \right]^2 \quad (3)$$

Действие сорбированного полимера учитывалось введением соответствующего коэффициента в формулу фазовой проницаемости для раствора, где l – константа, значение которой определяется необходимым уменьшением $f(S,a)$ при увеличении значения « a » от нуля до заданного значения. Такой вид зависимости фактора сопротивления для полимерного раствора достаточно хорошо соответствует экспериментальным данным [5]. Исходя из фактора сопротивления 100 и вязкости полимерного раствора 19,5 мПа·с, уменьшение фазовой проницаемости принималось равным 5, а остаточное уменьшение фазовой проницаемости принималось равным 3.

По аналогии с [2], вязкость полимерного раствора определялась по квадратичной формуле с уточненными под данный полимер коэффициентами:

$$\mu'_1(c,b) = 1 + (2800 \cdot c^* \cdot c + 6,36 \cdot 10^6 \cdot c^{*2} \cdot c^2) / (1 + bR) \quad (4)$$

где R – константа, определяемая из экспериментальных данных. Смысл формулы (4) следующий: вязкость полимерного раствора отличается от вязкости воды на величину $(2800 \cdot c^* \cdot c + 6,36 \cdot 10^6 \cdot c^{*2} \cdot c^2)$, а эта добавка, в свою очередь, уменьшается в $(1+R)$ раз при увеличении минерализации раствора от нуля до b^* ($b=1$). Из вышеизложенного следует, что $R=4$.

Сорбция полимера считалась соответствующей изотерме Генри, что справедливо в очень широком диапазоне пластовых условий [2, 6], и задавалась по формуле:

$$a = \gamma_1 \cdot c q(b) \quad (5)$$

где $q(b)$ – определяемая по экспериментальным данным функция.

Для расчетов $q(b)$ вычислялась по данным работы [2] следующим образом: за $q(b)$ принималось отношение сорбции полимера в минерализованной воде к сорбции полимера в пресной воде. Выбранное по данным работы [6] приближение $q(b)$ имеет вид:

$$q(b) = 1 + 4664 \cdot 10^5 (b^* \cdot b)^8 \quad (6)$$

и принимает максимальное значение 15 при наших исходных данных.

Сорбция и десорбция солей также считалась соответствующей изотерме Генри:

$$\alpha = \gamma_2 b \quad (7)$$

Примем $\gamma_1 = 0,01$, $\gamma_2 = 0,03$.

Целью расчетного исследования было сравнить нефтеотдачу, получаемую при вытеснении ньютоновской нефти и неньютоновской нефти с начальным градиентом фильтрации. Эффективность этих вариантов сравнивалась с эффективностью заводнения пластовой водой.

Используемые в расчетах параметры приведены в таблице.

Таблица

Расчетные значения параметров

Параметры	Значение
Пористость, m	0,28
Расстояние между скважинами, L (м)	560
Ширина пласта, B (м)	285
Толщина пласта, h (м)	9
Проницаемость пласта, k (мкм ²)	2
Вязкость нефти, μ_n (мПа·с)	13,4
Время закачки полимера, t (годы)	50
Концентрация полимера, c (г/л)	1,5
Концентрация солей в пластовой воде, b_1 (г/л)	116
Концентрация солей в подтоварной воде, b_2 (г/л)	58
Начальный градиент для фильтрации неньютоновской нефти, G (МПа/м)	0,0001

Обезразмеривание параметров проведено по формулам (1). Граничные и начальные условия для случая закачки раствора на пластовой воде имеют вид (8), для случая закачки раствора на подтоварной воде – вид (9), для заводнения – вид (10):

$$s(x, y, 0) = 0,2; s(0, 0, t) = 0,7; c(x, y, 0) = 0; c(0, 0, t) = 1; \quad (8)$$

$$b(x, y, 0) = 1; b(0, 0, t) = 1$$

$$s(x, y, 0) = 0,2; s(0, 0, t) = 0,7; c(x, y, 0) = 0; c(0, 0, t) = 1; \quad (9)$$

$$b(x, y, 0) = 1; b(0, 0, t) = 0,5$$

$$s(x, y, 0) = 0,2; s(0, 0, t) = 0,7; c(x, y, 0) = 0; c(0, 0, t) = 0; \quad (10)$$

$$b(x, y, 0) = 1; b(0, 0, t) = 1$$

Система уравнений (2) с условиями (8)-(10) решалась численным способом в программном комплексе Maple. Для этого была написана соответствующая программа, в которой при решении имеющейся системы уравнений были использованы конечно-разностные схемы.

В результате расчетов получены следующие значения КИН: при заводнении пластовой водой – 0,335, а с учетом начального градиента для нефти – 0,320; при закачке полимерного раствора на пластовой воде – 0,357, а с учетом начального градиента для нефти – 0,341; при закачке полимерного раствора на подтоварной воде – 0,415, а с учетом начального градиента для нефти – 0,399.

Динамики КИН для рассмотренных вариантов показаны на рисунке.

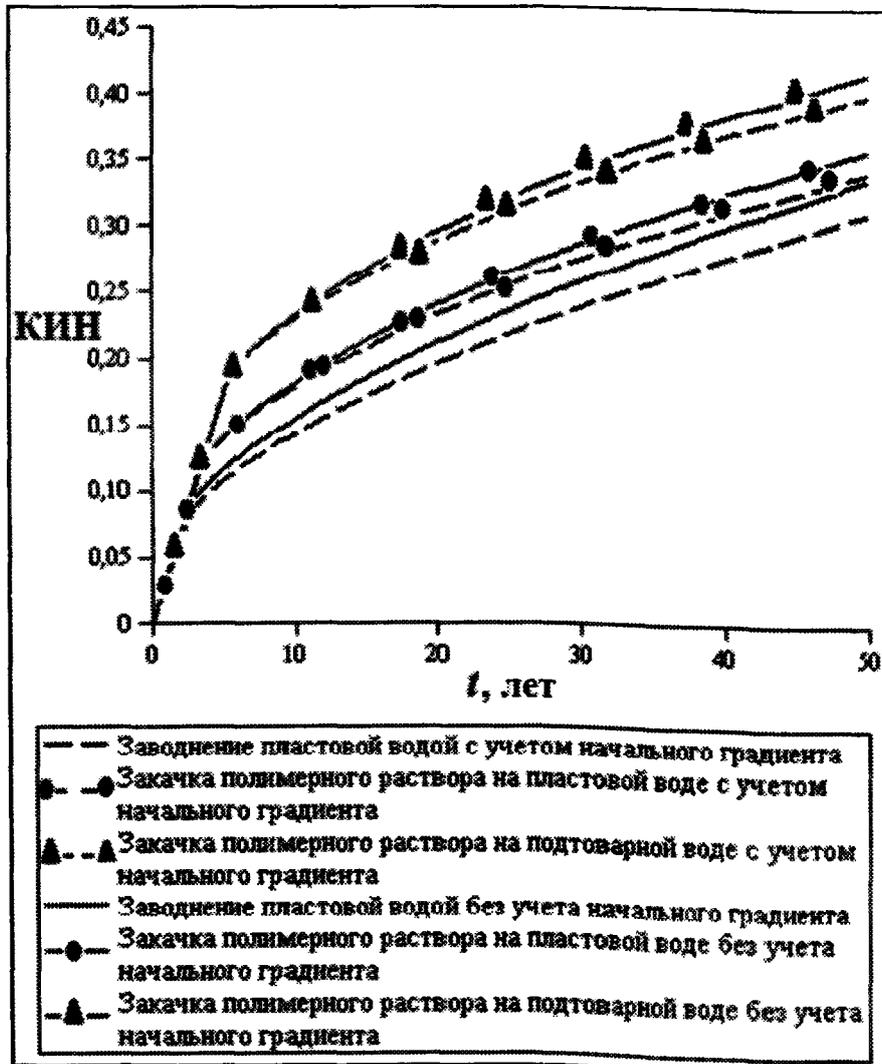


Рисунок. Зависимости КИН при различных расчетных вариантах.

Из расчетов следует, что учет неньютоновских свойств нефти даже при таком маленьком начальном градиенте для фильтрации нефти ($G = 0,0001$ МПа/м) уменьшает расчетное значение КИН во всех рассмотренных вариантах на 1,5%, что очень много для правильной оценки эффективности процесса вытеснения нефти из продуктивного пласта.

Литература

1. *Иманбаев Б.А.* Геолого-физические особенности месторождения Каламкас // *Естественные и технические науки*, 2016, № 3. – с.363-365.
2. *Хавкин А.Я.* Гидродинамические основы разработки залежей нефти с низкопроницаемыми коллекторами // М., МО МАНПО, 2000. – 525с.
3. *Хавкин А.Я.* Наноявления и нанотехнологии в добыче нефти и газа / под. ред член-корр. РАН *Г.К. Сафаралиева* // М., ИИКИ, 2010. – 692с.
4. *Хавкин А.Я.* Нанотехнологии в добыче нефти и газа / Изд. 4, М., Нефть и газ, 2016. – 358с.
5. *Ентов В.М., Полищук А.М.* О роли сорбционных процессов при движении полимерных растворов в пористой среде // *Изв.АН СССР, Механика жидкости и газа*, 1975, № 3. – с.68-76.
6. *Smith F.W.* The behavior of partially hydrolyzed polyacryl-amid solution in porous media // *J.Petrol. Technol.*, 1970, v.22, № 2. – pp.148-156.