

**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**

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

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

21 ноября 2016г., среда

9.00-10.20	<b><u>Продолжение Пленарного заседания</u></b> <b>Сопредседатели заседания:</b>	
	<b>Малинецкий Г.Г.</b> – Вице-президент НОР, Зав. лабораторией Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, д.ф.-м.н., проф.	
	<b>Хавкин А.Я.</b> – Член Центрального Правления Нанотехнологического общества России, д.т.н., проф. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина	
9.00-9.20	<b>Наномодифицированные текстильные материалы для нефтегазовой отрасли ...</b>	100
	<i>Кричевский Г.Е.</i> (Нанотехнологическое общество России, Москва)	
9.20-9.40	<b>Комплекс космогеологических методов поисков углеводородного сырья .....</b>	104
	<i>Туманов В.Р.</i> (ООО Космические технологии, Москва)	
9.40-10.00	<b>Шельф. Энергетика. Миропорядок .....</b>	111
	<i>Бабкин В.И.</i> (Эксперт Государственной думы РФ, Москва)	
10.00-10.20	<b>Геополитика углеводородов. Геозкономика. Геокультура .....</b>	115
	<i>Малинецкий Г.Г., Ахромеева Т.С., Иванов В.В.</i> (Институт прикладной математики имени М.В.Келдыша РАН, Президиум РАН, Москва)	
10.20-10.30	<b>Перерыв</b> Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР	
10.30-11.20	<b><u>Секция НС «Нанохимия нефтегазовых систем»</u></b> <b>Сопредседатели заседания:</b>	
	<b>Сафиева Р.З.</b> – Зав. кафедрой РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, д.т.н., проф.	
	<b>Локтев А.С.</b> – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.х.н., проф.	
10.30-10.40	<b>Кислородная и углекислотная конверсия метана в синтез-газ, катализируемая никелем и кобальтом, нанодиспергированными в матрице цеолита MF1 .....</b>	126
	<i>Мухин И.Е., Караваев А.А., Локтев А.С., Роголева Е.В., акад. РАН А.Г.Дедов, акад. РАН И.И.Моисеев</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
10.40-10.50	<b>Влияние кремнеземного модуля цеолитов MF1, синтезированных гидротермально-микроволновым методом, на их пористую структуру, кислотные и каталитические свойства .....</b>	130
	<i>Митиненко А.С., Караваев А.А., Локтев А.С., акад. РАН Дедов А.Г.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
10.50-11.00	<b>Методы получения нанопористой целлюлозы .....</b>	136
	<i>Аникушин Б.М., Новиков А.А., Гуцин П.А., Иванов Е.В., Винокуров В.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	

11.00-	<b>Модификация внутреннего пространства природных алюмосиликатных нанотрубок наночастицами Ru с использованием азинов в качестве лигандов ...</b>	140
11.10	<i>Чудаков Я.А., Аникушин Б.М.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
11.10-	<b>Влияние легких углеводородов на устойчивость структуры тяжелой нефти в термических процессах .....</b>	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)	
<b>11.20-</b>	<b>Перерыв</b>	
<b>11.30</b>	Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР	
<b>11.30-</b>	<b><u>Секция НР «Наноявления и нанофлюидика в нефтегазовой сфере»</u></b>	
<b>13.20</b>	<b>Сопредседатели заседания:</b>	
	<b>Кадет В.В.</b> – Зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, д.т.н., проф.	
	<b>Шевырёва Т.В.</b> – Профессор ФГБОУ ВО «МПГУ», к.п.н.	
11.30-	<b>Достижения квантовой физики для нефтегазовых технологий .....</b>	147
11.40	<i>Серебряков С.Г.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
11.40-	<b>Влияние структуры порового пространства на течение наноразмерных водонефтяных эмульсий .....</b>	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-	<b>Гидродинамическое моделирование полимерного заводнения с использованием перколяционного подхода к описанию ФЕС .....</b>	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-	<b>Влияние неньютоновских свойств нефти на КИН при вытеснении нефти разноминерализованными полимерными растворами .....</b>	159
✓ 12.10	<i>Хавкин А.Я., Хавкин Б.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
12.10-	<b>Математическое моделирования распространения взрывной волны в пористой среде .....</b>	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-	<b>Исследование влияния капиллярных эффектов на фильтрационные течения в пористых средах в условиях микрогравитации .....</b>	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-	<b>Экспериментальное изучение диффузии солей в водонасыщенных терригенных породах .....</b>	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-	<b>Методика реологических исследований нефти для оценки фазового состояния в ней парафинов .....</b>	184
12.50	<i>Александров А.Н., Рогачев М.К.</i> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург)	
12.50-	<b>Экспериментальное исследование воздействия ВЧ и СВЧ электромагнитных полей на нефтяные сланцы .....</b>	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-	<b>Особенности образования газовых гидратов в морских осадках .....</b>	198
13.10	<i>Суетнова Е.И.</i> (Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва)	
13.10-	<b>Применение численного моделирования для изучения теплового воздействия на газовые гидраты в пористой среде .....</b>	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)	
<b>13.20-</b>	<b>Обеденный перерыв</b>	
<b>14.20</b>		

<b>14.20-</b>	<b>Секция NM «Наноминералогия коллекторов и флюидоупоров нефти и газа»</b>	
<b>15.00</b>	<b>Сопредседатели заседания:</b>	
	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-	<b>Мобильная геофизика при поисках и разведке месторождений углеводородов</b>	
14.30	<b>доманиковых отложений</b> ..... 204	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-	<b>Иерархическая структура пустотного пространства тонкодисперсных пород</b>	
14.40	<b>продуктивных отложений</b> ..... 211	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-	<b>Особенности вещественного состава пород баженовской свиты</b> ..... 214	214
14.50	<i>Ситдикова Л.М., Бондарев Е. В, Хасанова Н.М.</i> (КПФУ, Казань)	
14.50-	<b>Проявление каталитической активности наноразмерных фаз глинистых</b>	
15.00	<b>минералов в пластовых условиях</b> ..... 216	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)	
<b>15.00-</b>	<b>Перерыв</b>	
<b>15.20</b>	Подача заявлений на вступление в секцию «Нанотехнологии для НГК» НОР	
<b>15.20-</b>	<b>Секция NT «Нефтегазовые нанотехнологии»</b>	
<b>17.20</b>	<b>Сопредседатели заседания:</b>	
	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-	<b>Наноразмерные механизмы обводнения скважин</b> ..... 220	220
15.30	<i>Хавкин А.Я.</i> (НОР, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва)	
15.30-	<b>Перспективы применения нанотехнологий для повышения эффективности</b>	
✓ 15.40	<b>разработки нефтяных месторождений (на примере пласта ЮВ11 Безымянного месторождения)</b> ..... 225	225
	<i>Хавкин А.Я., Оленина И.В.</i> (ВШИБ МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва)	
15.40-	<b>Управление реологическими свойствами нефти электромагнитным полем</b> ..... 233	233
15.50	<i>Каримова Г.И., Ковалева Л.А.</i> (Башкирский государственный университет, Уфа)	
15.50-	<b>Особенности применения бинарных смесей для интенсификации притока</b>	
16.00	<b>на месторождениях поздней стадии разработки</b> ..... 237	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-	<b>Предупреждение осложнений при бурении на основе анализа фазового</b>	
16.10	<b>состояния пород в призабойной зоне</b> ..... 241	241
	<i>Васильева З.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
16.10-	<b>Нанотехнологии подготовки буровых растворов для защиты нефтегазовых</b>	
16.20	<b>залежей на примере месторождений КНР</b> ..... 246	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-	<b>Эффективность закачки полимер-гелевой системы «темпоскрин-люкс»</b>	
16.30	<b>в пласт с суперколлекторами</b> ..... 255	255
	<i>Чагиров П.С., Донских Д.А., Никулин К.А.</i> (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва)	
✓ 16.30-	<b>Планирования мероприятий по интенсификации добычи нефти</b>	
✓ 16.40	<b>на основе методики деревьев решений</b> ..... 262	262
	<i>Натаров А.Л., Борхович С.Ю., Колесова С.Б.</i> (АО «Белкамнефть» им. А.А.Волкова, УдГУ, Ижевск)	

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

## НАНОРАЗМЕРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОБВОДНЕНИЯ СКВАЖИН

**А.Я.Хавкин**

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

*Проанализированы различные механизмы обводнения скважин при добыче нефти. Показана большая роль наномеханизмов обводнения скважин, что необходимо учитывать при выборе технологий ликвидации и предупреждения обводнения скважин.*

Обычно быстрое обводнение добывающих нефтяных скважин интерпретируют как наличие высокопроницаемого прослоя (слоистой неоднородности продуктивного пласта) [1]. Будем считать это первой причиной языковых прорывов. Вязкостная неустойчивость, создающая «языковой» прорыв воды [2], вызвана работой капиллярного гистерезиса, проявляющегося на наноуровне [3-7]. Будем считать это второй причиной языковых прорывов.

Прорывы могут быть следствием закачки более пресных, чем пластовая, вод (третья причина); проявлением макродисперсного характера процесса вытеснения нефти (четвертая причина) и высокой начальной водонасыщенности (пятая причина), резкой неоднородности внутриводяного пространства (шестая). Также могут быть заколонные перетоки или прорыв воды по вертикальной трещине гидроразрыва (седьмая и восьмая причины), высокое газосодержание пластовой нефти (девятая причина). Немаловажную роль в обводнении скважин играют конусы подошвенной воды (десятая причина), которые могут попасть в ствол скважины при завышенных депрессиях [5-7].

Языковые прорывы при резкой слоистой неоднородности коллектора вполне понятны. Регулирование таких прорывов осуществляется закачкой загущающих агентов (полимеров, гелей, пен), которые снижают подвижность вытесняющей фазы и увеличивают безводный период добычи нефти. Борьба с заколонными перетоками или прорывами воды по вертикальной трещине гидроразрыва надо, прежде всего, недопущением подобных ситуаций, а при их возникновении использовать технологии залечивания заколонного цемента и трещины гидроразрыва изолирующими смесями. Лечение конусов также проводится выбором режима добычи нефти и закачкой изолирующих составов [8, 9].

Проявление вязкостной неустойчивости связывается с различием вязкостей вытесняемой и вытесняющей фаз (нефти и воды), и при отношении этих величин более 12-15 отмечаются языковые прорывы закачиваемого агента [2]. Эксперименты на ячейках Хели-Шоу и расчеты показали [10], что появление языкового типа продвижения воды («пальцев») является следствием неустойчивости границы раздела вода-нефть, и расстояние между «пальцами» совпадает с длиной волны, отвечающей максимальной скорости нарастания возмущений межфазной поверхности. По мере увеличения длины «пальцев» происходит их утолщение. В процессе движения они могут соединяться и ветвиться, и вытесняемая нефть теряет свою сплошность. Более интенсивно этот процесс проявляется при вытеснении нефти из низкопроницаемых пористых сред.

Неустойчивость границы раздела «вода-нефть» лишний раз подтверждает наноразмерную закономерность макродиспергирования нефти при ее вытеснении водой [3]. Вязкостная неустойчивость вытеснения [2] является визуальным проявлением влияния капиллярного гистерезиса на макродисперсный характер вытеснения нефти [3-7]: при отношении вязкостей более 12-15 образующиеся в модели пласта языки становятся различимыми глазом. При меньшем отношении вязкостей вытесняемая нефть также разбивается на кластеры, но их размеры неразличимы глазом. Это означает, что регулирование языковых прорывов при высоком отношении вязкостей можно проводить не только за счет загущающих агентов, но и путем снижения капиллярного гистерезиса, определяющего процесс макродиспергирования нефти и образования языков воды между ними, что и подтвердили эксперименты. Регулирование прорывов вследствие вязкостной неустойчивости традиционно осуществляется теми же технологиями, что и при резкой слоистой неоднородности коллектора.

Как показали исследования, прорывы воды в нефтяных пластах могут быть следствием не только геологической неоднородности пласта, а физико-химических наноявлений (рис. 1 и 2).

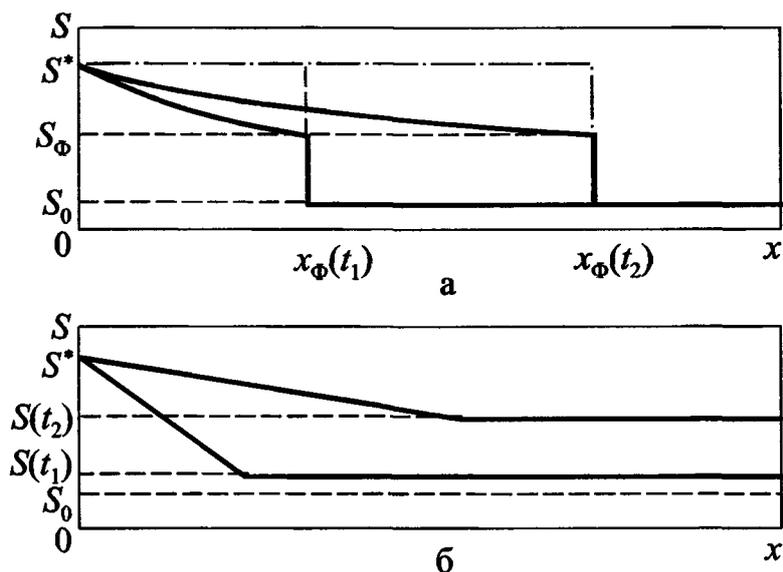


Рис. 1. Распределения водонасыщенности  $S(x)$  в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ : а – по модели Баклея–Левретта; б – по модели DISPO;  $x_\phi$  – координата фронта вытеснения,  $S^*$ ,  $S_0$  и  $S_\phi$  – водонасыщенность предельная, начальная и на фронте вытеснения.

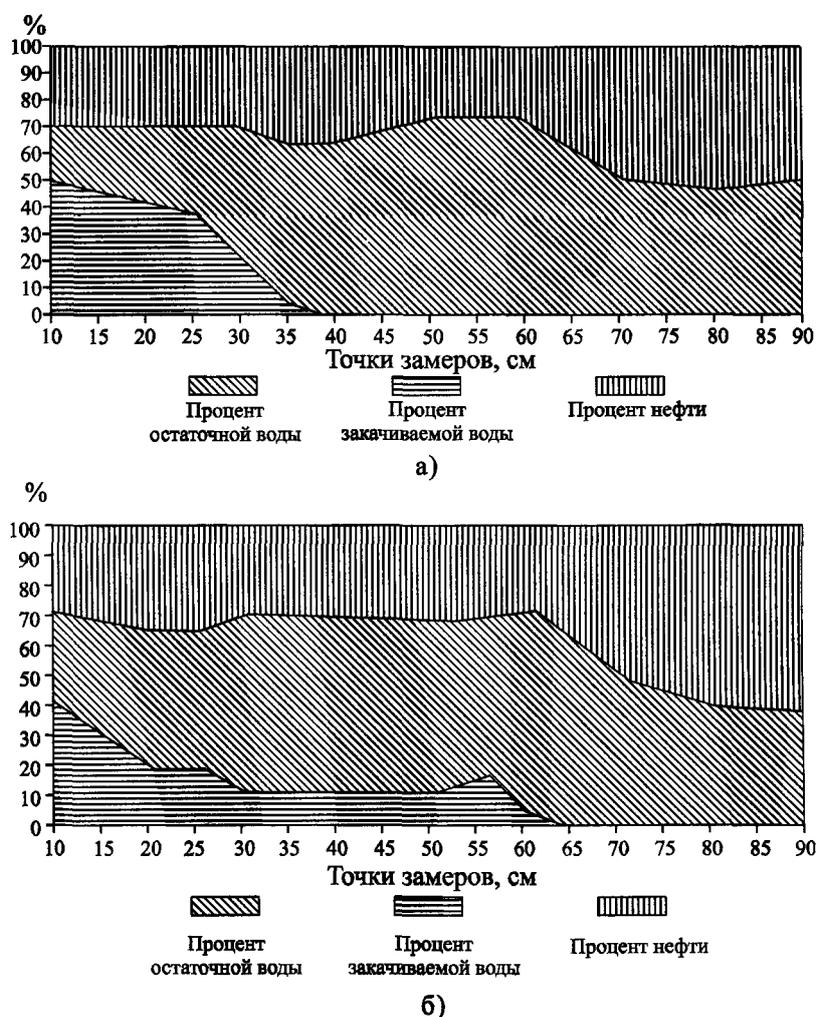


Рис. 2. Распределения насыщенных при вытеснении нефти водой пластовой минерализации (а) и более пресной (б).

Из рис. 1б следует, что при вытеснении нефти водонасыщенность растет по всему объему пласта, в том числе и рядом с добывающей скважиной, что и приводит к появлению воды в ней.

Столь же важно учитывать влияние минерализации закачиваемой воды, проявляющейся через наноявления ионнообмена с глинистыми минералами, создающими высокоскоростное продвижение менее минерализованной чем пластовая закачиваемой воды в добывающую скважину (рис. 2б) относительно более медленного продвижения пластовой воды (рис. 2а).

Закачка изолирующих составов в этих случаях приведет не к водоизоляционному эффекту, а к изоляции обводняющего пласта в целом, что в итоге приведет к потерям нефти. В этих случаях надо либо закачивать реагенты, снижающие капиллярный гистерезис (рис. 1), либо реагенты снижающие ионообменные явления в глиносодержащих пластах (рис. 2).

Макродисперсность системы «нефть-вода-порода» ведет к тому, что нефть разбивается на кластеры, а вода прорывается по высокопроницаемым дренам в добывающие скважины из-за резкой микронеоднородности проницаемости коллектора. Достаточно сказать, что проницаемости по кернам могут отличаться на несколько порядков при средней проницаемости  $0,05-0,1 \text{ мкм}^2$  [4-7]. Борьба с такими языками можно загущением закачиваемого агента и повышением скорости вытеснения для более полного вытеснения нефти.

Но были зафиксированы случаи, когда скорость продвижения закачиваемой воды в трещинных коллекторах оказалась меньше, чем в поровых [9], что невозможно объяснить за счет наличия высокопроницаемого прослоя или сильной внутренней проницаемостной неоднородностью, вязкостной неустойчивостью, высокой начальной водонасыщенностью, закачкой более пресных, чем пластовая, вод, следствием проявления макродисперсного характера процесса вытеснения нефти. Рассмотрим возможную причину таких фактов.

Чем больше содержание в нефти поверхностно-активных веществ, тем выше степень дисперсности водонефтяной пластовой эмульсии и больше время ее существования. Образовавшаяся водонефтяная эмульсия снижает подвижность фаз, что замедляет движение, но улучшает нефтеотдачу. А фазовая проницаемость нефти зависит от связанных объемов фильтрующихся фаз в поровом пространстве: чем более связана фаза, тем больше ее фазовая проницаемость [11].

В пласте одновременно происходят многие физико-химические нанопроцессы: диспергирование и коалесценция капель воды и нефти, микродвижение фаз по каналам, разделение нефти на составляющие ее компоненты, ионообмен между водой и породой, образование водонефтяной пластовой эмульсии. Рассмотрим возможность влияния на образование «языков» прорыва воды в добывающие скважины неравномерности распределения керновой проницаемости (шестая причина, как отмечено выше) и такой составляющей макродисперсности пластовых систем «нефть-газ-вода-порода», как высокое газосодержание пластовой нефти (девятая причина).

Для анализа роли распределения керновой проницаемости в разделении пластовой эмульсии оказалось полезным провести аналогию с движением водонефтяной смеси в трубе переменного сечения. В соответствии с законом Бернулли локальное изменение динамики потока переводит часть кинетической энергии в давление, обеспечивая этим передиспергацию эмульсии. Процесс дробления двухфазной водонефтяной системы на сужающем устройстве (штуцер) может быть объяснен изменением продольной и поперечных скоростей потока, которые дробят при растягивании гетерогенную жидкость. При этом происходит изменение пьезометрического давления, которое в узкой части сужающего устройства может быть значительно ниже атмосферного. При существенном снижении давления в узкой части трубы возможно выделение газовой фазы за счет разгазирования нефти [12].

Как показали расчеты [12], уменьшение давления в сужении пор на  $0,05 \text{ МПа}$  и более может приводить к разрушению эмульсии, в том числе и в пласте. В пласте это будет способствовать дальнейшему увеличению скорости продвижения вытесняющей эту нефть воды, и, следовательно, уменьшению времени прорыва воды в добывающие скважины.

Рассмотрим времена языкового прорыва воды при расстоянии между нагнетательной и добывающей скважинами  $500 \text{ м}$  – от 10 дней до 1,5 лет [12]. Это реальные времена прорыва языков в разных геолого-физических условиях. Пусть пористость коллектора  $0,2$ , а рассматриваемое отношение максимального и минимального размеров пор  $A$  составляет 20 или 100. Величины уменьшения давления в узкой части между порами для этих значений  $A$  приведены на рис. 3.

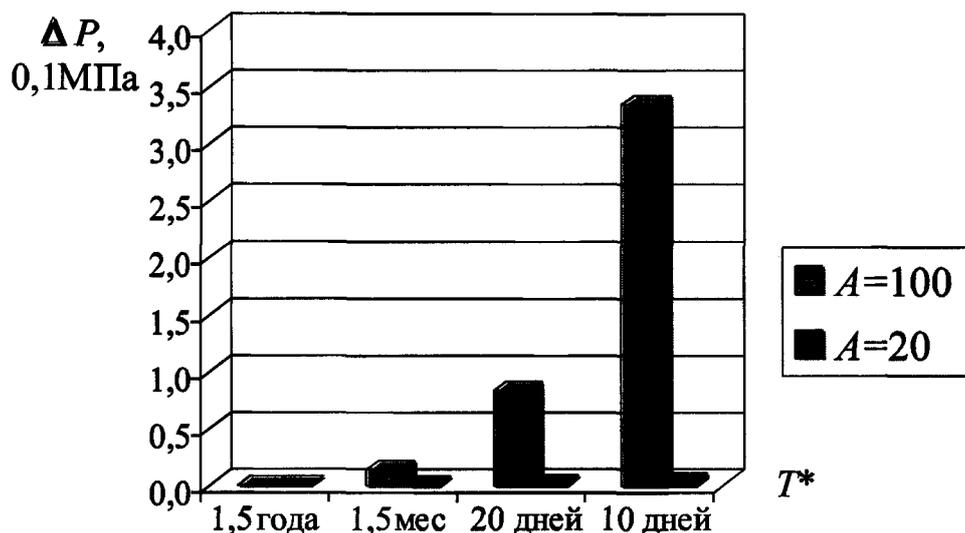


Рис. 3. Величина уменьшения давления в сужении пор  $\Delta P$  в зависимости от времени прорыва воды  $T^*$  при отношении максимального и минимального размера пор  $A$

Значение  $A = 20$  соответствует практически однородному коллектору с высокой проницаемостью. Видно, что в этом случае уменьшение давления в сужении пор незначительно. Значение  $A = 100$  соответствует низкопроницаемому коллектору, где разброс максимального и минимального размеров пор весьма значителен.

При значительном уменьшении давления в сужении пор и низком значении текущего пластового давления произойдет выделение газовой фазы из нефти. В этом случае образовавшаяся газовая фаза будет препятствовать продвижению воды. Скорость движения нефти, если и будет снижаться, то меньше, из-за близости свойств нефти и выделившегося из нее газа.

Поэтому при низком пластовом давлении и нефти с высоким газосодержанием, возможно, надо специально увеличивать дебиты для создания условий разгазирования нефти в пласте с целью выравнивания скоростей продвижения воды по разнопроницаемым дренам коллектора. При нефтях с низким газосодержанием увеличение дебитов может привести только к разрушению водонефтяной эмульсии и ускорению прорывов воды, что отрицательно скажется на добыче нефти.

Различия в структуре порового пространства и газосодержании нефтей объясняют существенное отличие в скоростях языковых прорывов при близких значениях средней проницаемости нефтяных пластов. И этим можно объяснить более высокие скорости прорыва воды в сильно неоднородном поровом коллекторе, чем в некоторых трещинных коллекторах, когда нефтяная эмульсия не разрушается.

Все это говорит о сильной зависимости скорости прорыва языков воды и дебитов по нефти добывающих скважин от наноявлений в нефтегазовых пластах и особенностей неоднородности порового пространства, состава нефти, что необходимо учитывать при создании цифровых геологических моделей и обосновании технологий разработки нефтяных залежей.

#### Литература

1. Иванова М.М., Деметьев Л.Ф., Чоловский И.П. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа // М.: Недра, 1985. – 422с.
2. Кисиленко Б.Е. Влияние соотношения вязкостей и скорости вытеснения на характер продвижения водонефтяного контакта и нефтеотдачу пласта по данным лабораторных исследований // Нефтяное хозяйство, 1963, № 11, с.35-40.
3. Хавкин А.Я. Закономерность вытеснения нефти в пористых средах // Научные открытия. Сб. кратких описаний за 1998г., М.-Н.Новгород: РАЕН, 1999. – с.53-54.
4. Хавкин А.Я. Гидродинамические основы разработки залежей нефти с низкопроницаемыми коллекторами // М., МО МАНПО, 2000. – 525с.

5. *Хавкин А.Я.* Нанотехнологии в добыче нефти и газа / под. ред. член-корр. РАН *Г.К. Сафаралиева* // М., ПЦ «НТИС», Спутник, 2008, изд. 1 – 148с., изд. 2 и 3 – 171с.
6. *Хавкин А.Я.* Нанотехнологии в добыче нефти и газа / Изд. 4, М., Нефть и газ, 2016. – 358с.
7. *Хавкин А.Я.* Основы нефтегазодобычи // Учебное пособие МГУ имени М.В.Ломоносова, УдГУ, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, М., Нефть и газ, 2017. – 394с.
8. *Гиматудинов Ш.К.* Физика нефтяного и газового пласта // М.: Недра, 1971. – 312с.
9. *Сургучев М.Л.* Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов // М., Недра, 1985. – 309 с.
10. *Ролдугин В.И.* Физико-химия поверхности: Учебник-монография // Долгопрудный, Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 568с.
11. *Бабаян Г.А.* Вопросы механизма нефтеотдачи // Баку, Азнефтеиздат, 1956. – 254с.
12. *Хавкин А.Я.* Геолого-физические факторы эффективной разработки месторождений углеводородов / Под. ред. акад. РАН *А.Н.Дмитриевского* // М., ИПНГ РАН, Спутник, 2005. – 312с.