

**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 наноприлизированной целлюлозы**
 136 |

Аникушин Б.М., Новиков А.А., Гуцин 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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯ DATA MINING В ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

С.Ю.Борхович*, **А.Л.Натаров****, **С.Б.Колесова***

* *Институт нефти и газа им. М.С.Гуцериева, УдГУ, Ижевск*

** *АО «Белкамнефть» им.А.А.Волкова, Ижевск*

Естественная эволюция современных информационных технологий рассматривается как нанотехнология интеллектуального анализа данных.

Естественная эволюция современных информационных технологий может рассматриваться как нанотехнологии интеллектуального анализа данных. По пути такой эволюции индустрия баз данных занималась разработкой следующих функциональностей: накопление данных, управление данными (включая хранение и извлечение, а также выполнение транзакций), а также анализ данных (включая разработку хранилищ данных и технологию интеллектуального анализа данных). Появились гетерогенные системы баз данных, а также глобальные информационные системы, такие как Всемирная Паутина – World Wide Web (WWW), которые играют ключевую роль в индустрии информационных технологий.

Data Mining (в переводе: добыча данных, интеллектуальный анализ данных, глубинный анализ данных, «просев» данных и т.д.) – это сочетание широкого математического инструментария (от классического статистического анализа до новых кибернетических методов) и последних достижений в сфере информационных технологий. Термин введен Григорием Пятецким-Шапиро в 1989г. [11]. В технологии Data Mining гармонично объединились строго формализованные методы и методы неформального анализа, т.е. количественный и качественный анализ данных [16].

Традиционная статистика, долгое время претендовавшая на роль основного инструмента анализа данных, нередко пасует при решении задач из реальной жизни. Она оперирует усредненными характеристиками выборки, которые часто являются фиктивными величинами («средняя температура по больнице»), причем методы математической статистики оказываются полезными главным образом для проверки заранее сформулированных гипотез. В свою очередь, формирование гипотезы само по себе часто является достаточно сложной и трудоемкой задачей. В Data Mining бремя формулировки гипотез и выявления необычных шаблонов переложено с человека на компьютер. Современные технологии Data Mining анализируют информацию с целью автоматического поиска шаблонов (паттернов), характерных для каких-либо фрагментов неоднородных многомерных данных.

К Data Mining относится большое количество различных методов и алгоритмов. Среди наиболее распространенных из них выделяют следующие: искусственные нейронные сети, деревья решений, методы ближайшего соседа и k-ближайшего соседа, метод опорных векторов, наивный байесовский классификатор, методы поиска ассоциативных правил (в том числе алгоритм Apriori) и многое другое [6, 20].

Деревья решений - это метод, позволяющий предсказывать принадлежность наблюдений или объектов к тому или иному классу категориальной зависимой переменной в зависимости от соответствующих значений одной или нескольких предикторных переменных.

Согласно [10, 16], по сравнению с такими распространенными методами решения задач классификации, как линейная регрессия, нейронные сети или метод ближайшего соседа, деревья решений позволяют наиболее эффективно решать задачи классификации и являются наиболее распространенным инструментом для этой цели за счет следующих особенностей:

- *Автоматический отбор признаков.* Информативные признаки в вершины дерева выбираются автоматически, а неинформативные автоматически игнорируются, соответственно, нет необходимости в дополнительной процедуре отбора признаков, как в других методах машинного обучения.
- *Интерпретируемость.* Деревья решений позволяют строить решающие правила в форме, понятной эксперту. Это оказывается полезным в том случае, когда человеку требуется понимать, каким образом алгоритм будет принимать решения. Интерпретируемость также оказывается полезным свойством, если требуется понять, почему дерево решений работает неправильно.

• *Управляемость.* Если некоторые примеры классифицируются неправильно, можно заново обучить только те вершины дерева, из-за которых это происходит, что очень удобно, когда объем обучающих данных большой и обучение занимает много времени. Кроме того, при тренировке разных поддеревьев могут оказаться более эффективными разные алгоритмы обучения. Обучение заново только части дерева позволяет изменить результат классификации одних объектов, не затрагивая классификацию других объектов.

Рассмотрим пример дерева решений, предназначенных для ответа на вопрос, будет ли эффективно переводить скважину на данный эксплуатационный объект с другого с последующим проведением ГРП до ввода ее в эксплуатацию [4]. Основная проблема состоит в том, что ГРП осуществляется сразу после перевода скважины, а потому теряется возможность использования для прогноза технологических параметров работы скважины до ГРП. Единственным источником информации остаются средние по участку фильтрационно-емкостные и энергетические параметры пласта и параметры работы скважин на данном участке. Чтобы решить задачу, то есть принять решение, требуется ответить на ряд вопросов, находящихся в узлах построенного в источнике [4] дерева, начиная с его корня (рис. 1). При этом переход к следующему узлу осуществляется в зависимости от ответа на заданный вопрос: при положительном ответе на вопрос осуществляется переход к левой части дерева, при отрицательном – к правой, и так до тех пор, пока не будет достигнут конечный (терминальный) узел дерева, являющийся решением.

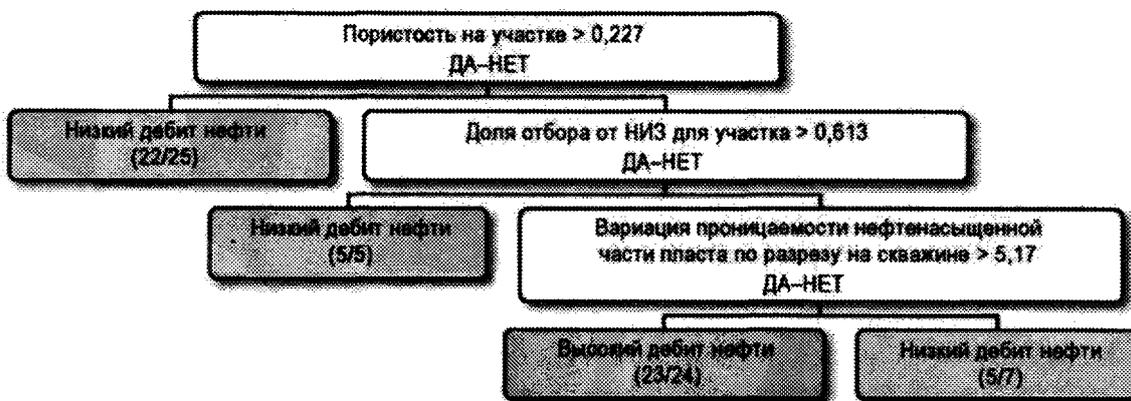


Рис. 1. Дерево решений для определения эффективности перевода скважины на другой объект с последующим ГРП [4]

Для решения задач классификации деревья решений могут работать как с числовыми типами данных, так и с категориальными, в отличие от остальных статистических методов решения классификационных задач. Кроме того, большинство статистических методов относятся к параметрическим, где пользователю необходимо знать заранее определенную информацию, такую как вид модели, тип зависимости между переменными. Деревья решений же относятся к непараметрическим методам построения классификационных моделей, способных решать задачи анализа данных, в которых отсутствует априорная информация о виде зависимости между исследуемыми данными [16].

Кроме того, деревья решений успешно, но значительно реже, используются и в задачах регрессии. Деревья регрессии являются одним из важных классов регрессионных моделей, позволяющих осуществить разделение входного пространства на сегменты с последующим построением для каждого из них собственной (локальной) модели и представить кусочно-заданную функцию регрессии в интуитивно понятной и наглядной форме. В таком дереве внутренние узлы содержат правила разделения пространства объясняющих переменных X ; дуги – условия перехода по ним; а листья – локальные регрессионные модели (рис. 2) [13].

Для конструирования деревьев решений применяется машинное обучение – автоматическая настройка параметров алгоритма на основе обучающей выборки (множества объектов с известными правильными ответами) [10]. При этом от качества обучения зависит правильность решения задачи и практическая применимость результатов.

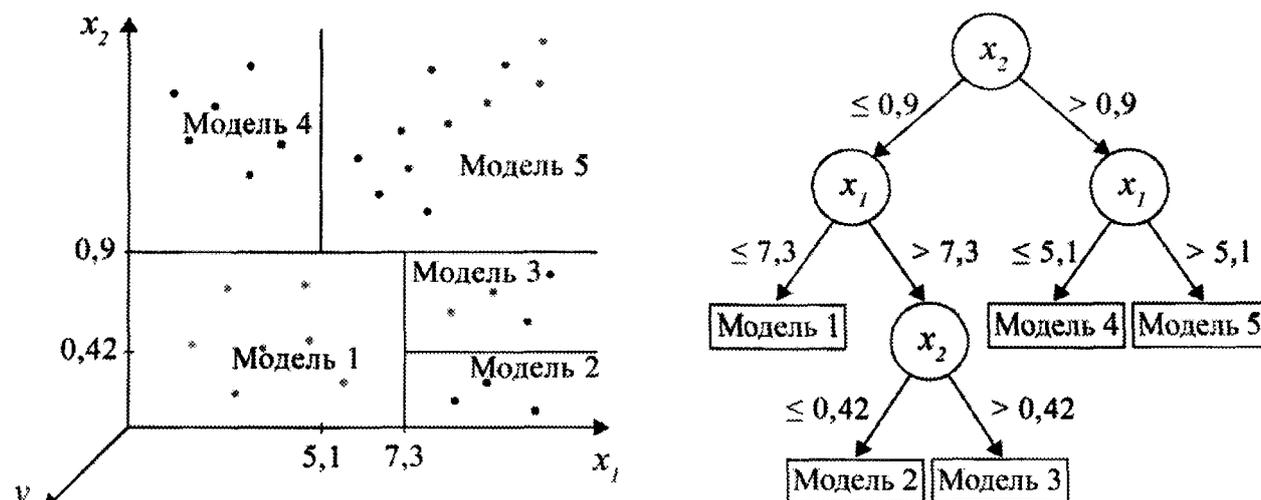


Рис. 2. Пример разбиения данных на сегменты и соответствующее ему дерево регрессии [12].

Под алгоритмом будем понимать функцию, принимающую на вход классифицируемый объект и возвращающую один из классов – ответ алгоритма для данного объекта. Деревья решений состоят из вершин, в которых записаны проверяемые условия (будем называть эти условия признаками), и листьев, в которых записаны ответы дерева (один из классов для задачи классификации). Под обучающим примером будем понимать объект обучающей выборки с известным правильным ответом (классом, к которому принадлежит данный объект). Обучение состоит в настройке условий в узлах дерева и ответов в его листьях с целью достижения максимального качества классификации.

Большинство современных алгоритмов построения деревьев решений осуществляют построение деревьев сверху вниз путем рекурсивного разделения обучающих данных и кратко могут быть описаны следующим образом [10, 13]:

1. Выбор наиболее информативного параметра.
2. Выбор лучшего разделения данного параметра (обычно выбирается разделение, обеспечивающее экстремум некоторого критерия).
3. Разделение исходных данных на подмножества.
4. Рекурсивное применение процедуры для каждого из полученных подмножеств.

Простым примером такого алгоритма может служить алгоритм CART (Classification and Regression Tree), разработанный в 1974-1984 гг. четырьмя профессорами статистики: Лео Брейманом, Джеромом Фридманом, Чарлзом Стоуном и Ричардом Олшеном [20]. Суть алгоритма CART заключается в полном переборе всех возможных вариантов бинарного ветвления, при этом набор данных может иметь как дискретное (в том числе категориальное), так и числовое значение. На каждом шаге в результате разбиения получается две дочерние ветви, при этом одна из ветвей должна максимально выделить в одном из подмножеств наблюдение одного из классов. Дальнейшее разделение ветви зависит от того, много ли исходных данных описывает данная ветвь, и будет продолжаться до тех пор, пока не будет достигнуто ограничение по количеству узлов или перестанет уменьшаться количество неправильно классифицированных всем деревом наблюдений.

Преимуществом данного метода считается то, что он является непараметрическим (то есть нет необходимости рассчитывать различные параметры вероятностного распределения), он самостоятельно выбирает информативные и отсеивает неинформативные параметры, может работать с зашумленными данными и делать это довольно быстро. Однако метод CART не лишен недостатков: деревья решений не являются стабильными и могут меняться при изменении обучающей выборки, ограничение бинарного ветвления не позволяет строить более сложные деревья [22]. С целью борьбы с недостатками и расширения возможностей были разработаны такие алгоритмы, как C4.5, CHAID, CN2, NewId, ITrule и другие [20], разработка их не останавливается и на сегодняшний день. Однако и этим алгоритмам присущи следующие неприятные особенности [10]:

1) *Сильная зависимость от сбалансированности числа обучающих примеров разных классов.* При обучении дерево уделяет повышенное внимание классам с большим числом обучающих примеров и может полностью проигнорировать классы с малым числом обучающих примеров, поэтому очень важно соблюдать сбалансированность обучающей выборки.

2) *Экспоненциальное уменьшение обучающей выборки.* После обучения каждой вершины дерева происходит разделение ее тренировочного множества на два подмножества. Таким образом, на каждом следующем уровне дерева обучающее множество вершины содержит все меньше и меньше примеров. А чем меньше размер обучающего множества, тем выше вероятность переобучения.

3) *Требуются специальные методы предотвращения переобучения.* Явление переобучения возникает из-за излишней сложности модели, когда обучающих данных недостаточно для того, чтобы восстановить по ним информативную закономерность. При нехватке тренировочных данных высока вероятность выбрать закономерность, которая выполняется только на этих данных, но не будет верна для других объектов. Для деревьев решений сложность модели – это глубина дерева. Но в разные вершины в процессе обучения попадает разное число тренировочных примеров, из-за чего в разных ветвях оптимальной будет разная глубина дерева.

Для деревьев решений используются специальные методы контроля переобучения. Иногда применяется *pruning* – удаление тех вершин дерева, которые ухудшают качество классификации данных, не входящих в обучающее множество. Кроме того, иногда для решения проблемы переобучения используют *леса решений* (случайные леса, random forest) – совокупность из нескольких деревьев решений, причем результат классификации определяется путем голосования (ответом выбирается тот класс, который предсказало наибольшее число деревьев). Существуют различные алгоритмы построения лесов решений (Bagging, Boosting, ComBoost и другие), отличающиеся различными подходами к выделению случайных подвыборок в обучающей выборке для обучения деревьев решений либо оценкой важности тренировочных примеров для обучения дерева.

Таким образом, деревья решений широко используются в таких прикладных областях, как медицина (диагностика), программирование (анализ структуры данных), ботаника (классификация) и психология (теория принятия решений) [5]. Кроме того, известны случаи экспериментального применения деревьев решений различных задач в таких областях, как, например, строительство [7], экономика и управление [2, 8, 9], транспорт и логистика [3, 14], связь и радиотехника [15, 17], филология [21], а также геология [1] и добыча нефти и газа [4, 18, 19]. Метод деревьев решений идеально приспособлен для графического представления, и поэтому сделанные на их основе выводы гораздо легче интерпретировать, чем если бы они были представлены только в числовой форме. Использование данного метода видится весьма актуальным также и в нефтегазовой отрасли, где за последние годы накоплен огромный опыт проведения геолого-технических мероприятий, который дает возможность применения формализованных подходов для извлечения правил и рекомендаций.

Литература

1. *Авилов, А.В.* Литолого-петрофизическая классификация пород-коллекторов / *А.В. Авилов, К.А. Костеневич, И.В. Федорцов* // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 90.
2. *Баллод, Б.А.* Методы и алгоритмы принятия решений в экономике: учеб. пособие / *Б.А. Баллод, Н.Н. Елизарова* // – М.: изд-во «Финансы и статистика», 2009. – 225 с.
3. *Бродецкий, Г.Л.* Оптимизация закупок по многим критериям с учетом рисков / *Г.Л. Бродецкий, О.А. Мазунина* // Логистика и управления целями поставок. – 2010. – № 4. – С. 65.
4. *Гайдамак, И.В.* Анализ и прогнозирование успешности гидравлического разрыва пласта на основе метода деревьев решений / *И.В. Гайдамак, О.Н. Пичугин* // Нефтепромысловое дело. – 2015. – № 11. – С. 35.
5. Деревья классификации [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stclatre.html>.
6. *Домингос, Педро.* Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир / *Педро Домингос*; пер. с англ. *В. Горихова*; науч. ред. *А. Сбоев, А. Серенко* // М.: Манн, Иванов, Фербер, 2016.
7. *Дормидонтова, Т.В.* Метод дерева решений для выбора лучшего варианта организации пересечения транспортного и пешеходного потоков в разных уровнях [Электронный ресурс] // материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2013 года. / *Т.В. Дормидонтова*

донтова, Л.Х. Гареева; Под редакцией М.И. Бальзанникова, Н.Г. Чумаченко // Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – 2014. – С. 823-824.

8. Ендовицкий, Д.А. Оценка проектного риска: аналитические подходы и процедуры / Д.А. Ендовицкий // Инвестиции в России. – 2000. – № 9 (68). – С. 35-46.

9. Карсунцева, О.В. Стратегические проблемы и задачи управления производственным потенциалом предприятий машиностроения / О.В. Карсунцева // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2013. – №1 (24). – С. 104-114.

10. Кафтаников, И.Л. Особенности применения деревьев решений в задачах классификации / И.Л. Кафтаников, А.В. Парасич // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. – 2015. – vol. 15. – no. 3. – pp. 26-32.

11. Левкович-Маслюк, Л. Великие раскопки и великие вызовы / Л. Левкович-Маслюк // Компьютерра. – 2007. – № 11 (679). – С. 48-51.

12. Мельников, Г.А. Итеративный метод построения деревьев регрессии / Г.А. Мельников, В.В. Губарев // Вестник СибГУТИ. – 2016. – № 4. – С. 59-67.

13. Мельников, Г.А. Метод построения деревьев регрессии на основе муравьиных алгоритмов / Г.А. Мельников, В.В. Губарев // Доклады ТУСУРа. – 2014. – № 4 (34). – С. 72-78.

14. Меньших, В.В. Алгоритм оптимизации контроля безопасности дорожного движения / В.В. Меньших, П.В. Орехов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2015. – №5. – С. 30-35.

15. Минаков, Е.П. Развитие структуры автоматизированной системы управления подготовкой и пуском ракет космического назначения с целью автоматизации процессов устранения нештатных ситуаций / Е.П. Минаков, А.Г. Тарасов, Е.П. Боровской // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2015. – № 6. – т. 7. – С. 16-21.

16. Мифтахова, А.А. Целесообразность использования метода деревьев решений для решения задач классификации / А.А. Мифтахова // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2014. – № 12. – С. 9-10.

17. Пат. 2216748 Российская Федерация, G01R23/16. Способ распознавания сигналов систем радиосвязи [Электронный ресурс] / авт. Проселков Л.С., Котов В.Н. ; патентообладатель Гос. конструкторское бюро аппаратно-программных систем «Связь» Всероссийского НИИ «Градиент». – заявл. 21.06.2001 ; опубл. 20.11.2003. – 3 ил. – Режим доступа : <http://www.freepatent.ru/patents/2216748>.

18. Пичугин, О.Н. Деревья решений как эффективный метод анализа и прогнозирования / О.Н. Пичугин, Ю.З. Прокофьева, Д.М. Александров // Нефтепромышленное дело. – 2013. – №11. – С. 69-75.

19. Пичугин, О.Н. От «работы над ошибками» - к прогнозированию эффективности мероприятий / О.Н. Пичугин, П.Н. Соляной, Ю.З. Фатихова // Нефть. Газ. Новации. – 2012. – №3. – С. 28-31.

20. Чубукова, И.А. Data Mining: курс лекций / И.А. Чубукова // М.: Бином, 2008. – 328 с.

21. Шевелев, О.Г. Классификация текстов с помощью деревьев решений и нейронных сетей прямого распространения / О.Г. Шевелев, А.В. Петраков // Вестник Томского государственного университета. – 2006. – №290. – С. 300-307.

22. CART (алгоритм) [Электронный ресурс] / Wikipedia. // Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/CART_\(алгоритм\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/CART_(алгоритм)).