



УДК 622.276

ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОЙ ЭМУЛЬСИИ В НГДУ «БАВЛЫНЕФТЬ» ПАО «ТАТНЕФТЬ» ИМ. В.Д. ШАШИША

APPLICATION OF EMULSIFIED ACID IN NGDU BAVLYNEFT – PJSC TATNEFT

Яртиев Амур Физюсович

кандидат экономических наук,
заведующий сектором экономики
разработки месторождений и добычи нефти,
ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть»
им. В.Д. Шашина, К(П)ФУ
yartiev@tatnipi.ru

Саетгараев Рустем Халитович

начальник управления,
НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть»
им. В.Д. Шашина
bvneft@tatneft.ru

Подалов Владлен Борисович

главный геолог,
НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть»
им. В.Д. Шашина
podavalov@tatneft.ru

Аннотация. В процессе эксплуатации нефтяной скважины в её призабойной зоне (ПЗС) происходит интенсивная коагуляция продуктивного пласта частицами самой разнообразной природы (закупоривание частицами раствора, миграция тонких частиц, разбухание глин, снижения относительной проницаемости, осаждение вторичных минералов и др.). Как следствие, отмечается снижение проницаемости ПЗС и дебита скважины. Основными методами стимуляции работы скважин и очистки призабойной зоны от данных отложений являются кислотные обработки. Для карбонатных коллекторов была разработана комплексная технология воздействия на ПЗС раствором эмульсии «кислота в дистилляте», представляющую собой гидрофобную мелкодисперсную эмульсию светло-коричневого цвета, состоящую из глобулы кислоты, окруженной слоем молекул дистиллята. По результатам опытно-промышленных работ (с 2006 г.) средний прирост нефти на одну скважино-операцию составил 2,7 т/сут. Промышленная реализация технологии осуществляется с 2009 г. За восемь лет (до 2017 г.) проведено 94 скважино-операции на трёх месторождениях НГДУ «Бавлынефть» (Бавлинском, Бухараевском и Тат-Кандызком). Технологический эффект от реализации мероприятий составил 64,9 тыс. т дополнительно добытой нефти. Удельная эффективность на одну скважино-обработку составила 690,1 т с затратами 1,4 млн руб. на обработку. Доход недропользователя от реализации 94 скважино-операций технологии РЭКВД составил 144,3 млн руб., а выплаты в бюджет – 627,8 млн руб. Технология оказывает комплексное воздействие на призабойную зону пласта в карбонатных коллекторах, является мало-затратной и эффективной, проста и доступна к исполнению существующим нефтепромысловым оборудованием.

Ключевые слова: прирост добычи нефти, раствор эмульсии, призабойная зона скважины, экономический эффект, доход.

Yartiev Amur Fizusovich

Candidate of Economic Sciences,
Manager of the sector of economy
developments of fields and oil production,
Tatnipi of PJSC Tatneft
of V.D. Shashin, K(P)FU
yartiev@tatnipi.ru

Saetgaraev Rustem Khalitovich

Head of department,
NGDU Bavlyneft of PJSC Tatneft
of V.D. Shashin
bvneft@tatneft.ru

Podavalov Vladlen Borisovich

Chief geologist,
NGDU Bavlyneft of PJSC Tatneft
of V.D. Shashin
podavalov@tatneft.ru

Annotation. In use an oil well in her bottom-hole zone (CCD) there is an intensive kolmatation of productive layer particles of the most various nature (blockage by solution particles, migration of thin particles, swelling of clays, decrease in relative permeability, sedimentation of secondary minerals, etc.). As a result, decrease in permeability of the CCD and an output of the well is noted. The main methods of stimulation of work of wells and cleanings of a bottomhole zone of these deposits are acid processings. The complex technology of impact on the CCD by emulsion solution «acid in distillate», the representing hydrophobic fine emulsion of light-brown color consisting of a globula of the acid surrounded with a layer of molecules of distillate has been developed for carbonate collectors. By results of trial works (since 2006) the average gain of oil on one skvazhino-operation has made 2,7 t/day. The industrial realization of technology is enabled since 2009. In eight years (till 2017) 94 skvazhino-operations on three fields of NGDU Bavlyneft are carried out (Bavly, Bukharayevsky and Tat-Kandyzkom). The technological effect of realization of actions was 64,9 thousand tons of in addition extracted oil. The specific efficiency on one skvazhino-processing was 690,1 t with costs of 1,4 million rubles of processing. The income of the subsoil user from realization of 94 skvazhino-operations of technology РЭКВД has made 144,3 million rubles, and payments in the budget – 627,8 million rubles. The technology makes complex impact on a bottomhole zone of layer in carbonate collectors, is low-cost and effective, is simple and available to execution by the existing oil-field equipment.

Keywords: incremental oil production, emulsified solution, bottomhole zone, economic benefits, revenue.



Нефтегазовый комплекс России, как и других развитых стран, объективно имеет ведущее значение, не только в топливно-энергетическом балансе, но и в целом в макроэкономическом уровне их народного хозяйства. Мониторинг текущего состояния минерально-сырьевой базы РФ показывает, что год от года неуклонно растёт доля трудноизвлекаемых запасов нефти, особенно в районах традиционной нефтедобычи [1, 2], к которым относятся месторождения Татарстана.

Анализ и обобщение научной информации (публикуемой в открытой печати, рекламные материалы, доклады специалистов инофирм в РФ и зарубежом) по развитию методов обработки призабойной зоны, водоизоляционных работ, повышения нефтеотдачи пластов и стимуляции продуктивности добывающих скважин имеет первостепенное значение. Без этого анализа огромного массива информации и его обобщения невозможно определение общих мировых тенденций в развитии техники и технологии интенсификации добычи нефти, основанные на химической стимуляции. Обобщённый анализ деятельности зарубежных компаний в направлении развития методов стимуляции показывает, что научные исследования ведутся по двум основным направлениям [3]: по химии обрабатываемых составов и по технологическим приёмам их доставки и закачки в пласт [3–19].

По первому направлению перспективны разработки кислотных самоотклоняющихся и саморегенерирующихся в пласте кислотных составов, кислот с регулируемой кинетикой реакций как с замедлением, так и ускорением выборочных реакций по минералогическим компонентам, углеводородных составов с повышенной емкостью загрязнителей, высокоактивных эмульгаторов, смачивателей и диспергаторов, а также применению органических кислот и их смесей с неорганическими.

По второму направлению прогрессивное развитие идёт и прогнозируется по следующим разработкам: интенсификация притока, комплексного изучения коллектора, скоростей закачки кислотных составов в трещиновато-поровый коллектор. Главным считается управляемое воздействие на выборочные участки пласта.

Обычные химические отклоняющие технологии основаны на предварительной закачке полимерных гелей. Новые кислотные системы применяются индивидуально, без предварительной закачки отклонителей. Они используют изменение pH, в результате которого сшивающие добавки изменяют вязкость жидкости в расчётный момент в течение кислотной обработки (рис. 1) [19, 20].

Полимерные кислотные системы имеют недостатки. Независимые исследования Stim-Lab, FRAC TECH Services, L.L.C., Saudi Aramco и других компаний показали, что полимерные кислотные системы все же блокируют («засоряют») каналы и могут повредить пласт. Из-за узкого окна pH сшитых полимеров обработкой трудно управлять, особенно если она включает несколько стадий, а стабильность полимерных систем ухудшается при повышении температуры на забое, также в кислых средах образуется сульфид водорода [20].

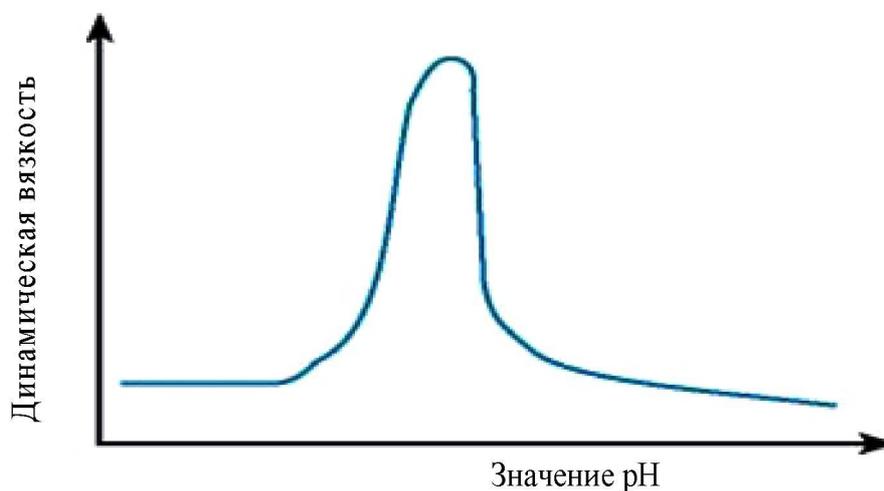


Рисунок 1 – Вязкость сшитого полимера как функция pH

В процессе эксплуатации нефтяной скважины в её призабойной зоне (ПЗС) происходит интенсивная кольматация продуктивного пласта частицами самой разнообразной природы (закупоривание частицами раствора, миграция тонких частиц, разбухание глин, снижения относительной проницаемости, осаждение вторичных минералов и др.). Как следствие, отмечается снижение проницаемости ПЗС и дебита скважины. Все вышеперечисленные кольматанты при попадании в ПЗС обволакиваются нефтяной плёнкой, смолами и асфальтенами.

Основными методами стимуляции работы скважин и очистки ПЗС от данных отложений являются кислотные обработки (простые кислотные обработки, обработки с образованием каверн-



накопителей, направленные соляно кислотные воздействия и т.д.), иногда применяются обработки ПЗС углеводородными растворителями (дистилляты). При этом углеводородные растворители не вступают в реакцию с породой и другими твёрдыми отложениями, а кислота не реагирует с породой покрытой плёнкой нефти или смолами и асфальтенами [20].

Для повышения продуктивности добывающей скважины необходима обработка ПЗС, направленная на очистку скелета породы от кольматантов с последующим воздействием на матрицу породы.

Для карбонатных коллекторов была разработана комплексная технология воздействия на ПЗС раствором эмульсии «кислота в дистилляте» (РЭКвД). В готовом виде композиция РЭКвД представляет собой гидрофобную мелкодисперсную эмульсию светло коричневого цвета. Мицелла РЭКвД (рис. 2) состоит из глобулы кислоты, окружённая слоем молекул дистиллята. Связка кислоты и дистиллята в мицеллы осуществляется с помощью эмульгатора, введённого в дистиллят.

Материалы, применяемые в технологическом процессе:

- соляная кислота (HCl) 22–24 %-ной концентрации;
- эмульгатор «ЯЛАН-Э-1» представляет собой однородную подвижную жидкость темно-коричневого цвета, с плотностью при 200 °С не менее 800 кг/м³, температура застывания минус 250 °С, кинематическая вязкость при 200 °С не менее 4 сСт.
- растворитель парафинов нефтяной (дистиллят) представляет собой однородную подвижную жидкость от жёлтого до чёрного цвета, температура начала кипения не ниже 280 °С, давление насыщенных паров не более 66,7 кПа в летний период (93,3 кПа – в зимний период), температура вспышки не ниже минус 390 °С.

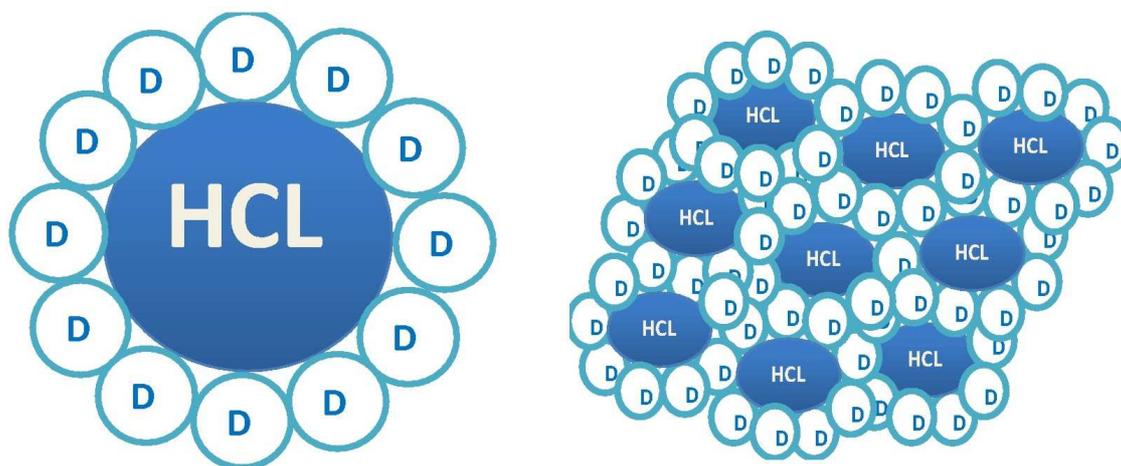


Рисунок 2 – Схема раствора эмульсии РЭКвД, где: D – дистиллят; HCL – кислота

Рабочий раствор эмульсии РЭКвД готовится путём последовательного смешивания в определённой пропорции и интенсивного перемешивания исходных компонентов эмульсии. Плотность эмульсии определяется ареометром АГ-ЗПП или ВРП-1 и должно находиться в пределах 0,930–0,940 г/см³. Условная вязкость измеряется вискозиметром ВП-5 и должна находиться в пределах 50–150 с.

При обработке ПЗС композицией РЭКвД происходит следующее: дистиллят разрушает плёнку нефти и асфальтосмолопарафиновые отложения на поверхности породы и кольматанта; кислотная группа, входя в химическое взаимодействие с породой и кольматантом, улучшает фильтрационно-ёмкостные свойства (ФЕС) нефтенасыщенного коллектора; так как композиция РЭКвД гидрофобна, то эмульсия блокирует водоносную часть пласта, не реагируя в ней.

Увеличение ФЕС нефтенасыщенной части пласта и в то же время блокировка водоносной части пласта приводит к повышению дебита нефти и снижению обводнённой добываемой продукции.

Объектами для проведения данной технологии являются: новые скважины, давшие при освоении слабый приток нефти вследствие низкой проницаемости нефтенасыщенных пропластков из-за кольматации буровым раствором; добывающие скважины, имеющие дебит меньший по сравнению с дебитом окружающих скважин в виду сложных геологических условий (сужение нефтяного пропластка, низкая проницаемость нефтяного пропластка и т.д.); добывающие скважины, у которых произошло снижение дебита в процессе эксплуатации при неизменном или растущем пластовом давлении; нагнетательные скважины с низким удельным коэффициентом приёмистости, произошедшим вследствие закачки воды с большим содержанием кольматирующих взвешенных частиц.

Технология обработки ПЗС композицией РЭКвД производится с применением существующего нефтепромыслового оборудования и технических средств. Перечень применяемого оборудования приведён в таблице 1.



Таблица 1 – Применяемое оборудование

Применяемое оборудование	Техническая документации	Кол-во, шт.
Пакер: ПРО-ЯМО-2ЯГ1(М)-122 (142)	ТУ 3665-001-20666528-2002	1
Насосные агрегаты: ЦА-320М	ТУ 3666-014-05-785537-94	1
Установка для кислотной обработки скважин: СИН 32 (35)	ТУ 3666-005-43067730-2001	1
Автоцистерны: АЦ 10, АЦН 11-257	ТУ 26-16-32-77	1
Автоцистерны: АЦН-7; 5-5334, АЦН-120-250, ППЦ-23	ТУ 26-16-125-87	1
Кислотовоз: КП-6,5 с прицепом-цистерной	ТУ 6-02-459-73	1
Диспергатор: установка по приготовлению ГЭР		1

Опробование технологии обработки ПЗС эмульсией РЭКвД в НГДУ «Бавлынефть» было начато в 2006 г. Первоначально были обработаны скважины эксплуатирующие пласты, сложенные из карбонатных отложений (из них 3 скважины, работающие на кизеловском горизонте Бавлинского месторождения и 1 скважина, работающая на фаменский горизонт Сабанчинского месторождения). После проведения обработок средний прирост нефти по скважинам составил 2,7 т/сут [21, 22] (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты опытно-промышленных работ

№№ скв.	Горизонт, месторождение	До мероприятия			После мероприятия			Прирост нефти, т/сут
		Qж м ³ /сут	Qн т/сут	W, %	Qж м ³ /сут	Qн т/сут	W, %	
2091	фаменский, Сабанчинское	1,4	0,9	24	3,8	3,2	7	2,3
2866	кизеловский, Бавлинское	3,1	2,7	5	9,0	7,7	4	5,0
1189	кизеловский, Бавлинское	1,8	1,2	27	5,2	3,2	22	2,0
831	кизеловский, Бавлинское	3,0	1,9	30	5,4	3,6	25	1,7

С 2009 г. началось промышленное внедрение технологии РЭКвД. На рисунке 3 приведена дополнительная добыча нефти с учётом количества обработок эмульсией РЭКвД за период 2009–2016 гг. За рассматриваемый период эмульсией было обработано 94 скважины Бавлинского, Бухараевского и Тат-Кандызского нефтяных месторождений. Технологический эффект от реализации мероприятий составил 64,9 тыс. т дополнительно добытой нефти. Удельная эффективность на одну скважино-обработку составила 690,1 т с затратами 1,4 млн руб. на обработку.



Рисунок 3 – Дополнительная добыча нефти от применения технологии

Расчет гарантированного экономического эффекта применения технологии РЭКвД показал, что от реализации одной скважино-операции недропользователь получает 1,54 млн руб., а налоги и отчисления в бюджеты всех уровней оцениваются в 6,68 млн руб.



На рисунке 4 приведены ежегодные доходы недропользователя и бюджетные отчисления от дополнительно добытой нефти за счёт реализации технологии РЭКвД.



Рисунок 4 – Доходы недропользователя и бюджетные отчисления при реализации технологии

За период промышленной реализации (2009–2016 гг.) доход недропользователя от реализации 94 скважино-операций технологии РЭКвД составил 144,3 млн руб., а выплаты в бюджет – 627,8 млн руб.

На основе 8-ти летней работы развиты научно-методические подходы и принципы поддержания и повышения продуктивности нефтедобывающих скважин путём разработки и комплексного применения новой технологии стимуляции добычи нефти в НГДУ «Бавлынефть».

На основе опытно-промышленных работ обоснована, разработана и промышленно внедрена на месторождениях Татарстана комплексная технология обработки ПЗС карбонатных коллекторов РЭКвД. Технология является малозатратной и в тоже время высокоэффективной, она проста и доступна к исполнению существующим нефтепромысловым оборудованием.

В рамках промышленной реализации технологии РЭКвД обеспечила следующие показатели технологической и экономической эффективности, а также социальный эффект в районах ведения промышленных работ:

- внедрение на 94 скважинах;
- дополнительная добыча нефти – 64,9 тыс. т;
- суммарный эффект для недропользователя от применения технологии стимуляции добычи нефти составил 144 млн р.;
- дополнительные выплаты в бюджет и внебюджетные фонды Российской Федерации оцениваются в 628 млн р.;
- мультипликативный эффект с учётом эффекта смежных отраслей составил 1,3 млрд р.;
- отсутствует сокращение кадров на основном производстве, так как добыча нефти по компании сохраняется на достигнутом уровне и даже растёт.

Литература:

1. Яртиев А.Ф. Инвестиционное проектирование в нефтедобыче: инновации и экономическая оценка. – М. : ВНИИОЭНГ, 2011. – 216 с.
2. Грунис Е.Б. Состояние ресурсной базы углеводородного сырья России и актуальные проблемы нефтегазогеологической науки // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений», посвящённой 100-летию со дня рождения В.Д. Шашина. – Казань : Изд-во «Ихлас», 2016. – Т.1. – С. 35–45.
3. Matrix Stimulation. An SPE Applied Technology Workshop. 31 October-3 November 2005. Marriott Grand Hotel Moscow, Russia.
4. US 6399546 B1. Fluid system having controllable reversible viscosity / Frank F. Chang, Qi Qu, Matthew J. Miller; Schlumberger Technology Corporation; US 09/419,842; 15.10.1999; 04.06.2002.
5. US 6258859 B1. Viscoelastic surfactant fluids and related methods of use / Manilal S. Dahyanake, Jiang Yang, Joseph H.Y. Niu, Paul-Joel Derian, Ruoxin Li, David Dino ; Rhodia, Inc.; US 09/093,131; 08.06.1998; 10.07.2001.
6. Xie, X., Weiss,W.W., Tong, Z. and Morrow, N.R. Improved Oil Recovery from Carbonate Reservoirs by Chemical stimulation. Paper SPE/DOE 89424, Sept. 2005 SPE journal, 276–285.
7. Hognesen, E. J. and Standnes, D.C. Waterflooding of preferential oil-wet carbonates: Oil recovery related to reservoir temperature and brine composition. 2006, paper SPE 94166 Presented at the 14th Europec Biennial Conference held in Madrid, Spain, 13-16 June.



8. Gomari, K.A.R, Karoussi, O. and Hamouda, A.A. Mechanistic study of interaction between water and carbonate rocks for enhancing oil recovery. 2006, paper SPE 99628 presented at the SPE Europec / EAGE Annual Conference and Exhibition held in Vienna, Austria, June 12–15.
9. Babadagli, T., Al-Bemani, A. and Boukadi, F. Seawater as IOR fluid in fractured chalk. 1999, paper SPE 93000 presented at SPE International Conference on Oilfield Chemistry, Houston, Texas, USA, 2–4 February.
10. Oligney, R. and Economides M. Unified Fracture Design: Bridging the Gap Between Theory and Practice. Booklink Distribution. 2001.
11. Manchanda, R. and Sharma, M.M. Impact of Completion Design on Fracture Complexity in Horizontal Shale Wells. Equilibrium Test-A Method for Closure Pressure Determination. 2007, paper SPE 78173 presented at the SPE/ISRM Rock Mechanics Conference, Irving, Texas, October 20–13.
12. Sheng, J.J. Review of Surfactant Enhanced Oil Recovery in Carbonate Reservoirs. Paper SPE 97687 Presented at the SPE International Improved Oil Recovery Conference in Asia Pacific held in Kuala Lumpur, Malaysia, December 5–6.
13. Webb, K.J., Black, C.J.J. and Tjetland. A Laboratory Study Investigating Methods for Improving Oil Recovery in Carbonates. 2005, paper IPTC 10506 Presented at the International Petroleum Technology Conference in Doha, Qatar, November 21–23.
14. Fjelde, I. Sulfate in Rock Samples from Carbonate Reservoirs. 2008, paper was prepared for presentation at the International Symposium of the Society of Core Analysts held in Abu Dhabi, UAE 29 October – 2 November.
15. Lungwitz B., Fredd C., Brady M., Miller M., Ali S. and Hughes K. Diversion and Cleanup Studies of Viscoelastic Surfactant-Based Self-Diverting Acid. In SPE 86504. Production & Facilities. Vol 2, , 2007, p. 121–127 [acidizing, production enhancement, self-diverting acid, zonal coverage].
16. Chang, F., Qu, Q. and Frenier, W. 2001. A Novel Self-Diverting Acid Developed for Matrix Stimulation of Carbonate Reservoirs. Presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Houston, February 13–16. SPE 65033. <http://dx.doi.org/10.2118/65033-MS>.
17. Nasr-El-Din H.A., Al-Nakhli A., Al-Driweesh S., Welton T., Sierra L., Van Domelen M. Optimization of Surfactant-Based Fluids for Acid Diversion. 2007, SPE 107687 presented at the 7th SPE European Formation Damage Conference held in Scheveningen, The Netherlands, 30 May-1 June.
18. Brian, C. and Metcalf, S. Интенсификация добычи нефти на участке Сан Андерс благодаря применению слабой кислоты // Нефтегазовые технологии, 2009. – № 12. – С. 21–25.
19. Enhancement of Horizontal Well Oil by Means of Chemical Stimulation / A.F. Yartiev, M.H. Musabirov, A.M. Tufetulov, L.L. Grigoryeva // Asian Social Science. – Volume 11, Issue 11, 30 April 2015, Pages 346–356.
20. Хисамов Р.С. Увеличение продуктивности карбонатных коллекторов нефтяных месторождений / Р.С. Хисамов, М.Х. Мусабиоров, А.Ф. Яртиеv. – Казань : Изд-во «Ихлас», 2015. – 192 с.
21. Подавалов В.Б. О технологии глубокой очистки призабойной зоны пласта и результатах применения на месторождениях НГДУ «Бавлынефть» / В.Б. Подавалов, О.О. Буторин // Прошлое, настоящее и будущее нефтяных месторождений в Республике Татарстан : сборник докладов научно-практической конференции, посвящённой 60-летию образования ОАО «Татнефть», 28 мая 2010 г. – Альметьевск, 2010. – Ч. 1. – С. 150–153.
22. Сабанчинское нефтяное месторождение: история, анализ разработки, перспективы / Р.С. Хисамов, А.Г. Хабибрахманов, А.Ф. Яртиеv, Р.Г. Ханнанов, В.Б. Подавалов, П.Г. Морозов. – Казань : Изд-во «Ихлас», 2016. – 320 с.

References:

1. Yartiyev A.F. Investment design in oil production: innovations and economic assessment. – M. : VNIIOENG, 2011. – 216 p.
2. Grunis E.B. A condition of resource base of hydrocarbonic raw materials of Russia and current problems of oil and gas geological science // Materials of the International scientific and practical conference «Innovations in Investigation and Development of Oil and Gas Fields» devoted to the 100 anniversary since the birth of V.D. Shashin. – Kazan : Ikhlas publishing house, 2016. – T.1. – P. 35–45.
3. Matrix Stimulation. An SPE Applied Technology Workshop. 31 October-3 November 2005. Marriott Grand Hotel Moscow, Russia.
4. US 6399546 B1. Fluid system having controllable reversible viscosity / Frank F. Chang, Qi Qu, Matthew J. Miller; Schlumberger Technology Corporation; US 09/419,842; 15.101999; 04.06.2002.
5. US 6258859 B1. Viscoelastic surfactant fluids and related methods of use / Manilal S. Dahayanake, Jiang Yang, Joseph H.Y. Niu, Paul-Joel Derian, Ruoxin Li, David Dino ; Rhodia, Inc.; US 09/093,131; 08.06.1998; 10.07.2001.
6. Xie, X., Weiss, W.W., Tong, Z. and Morrow, N.R. Improved Oil Recovery from Carbonate Reservoirs by Chemical stimulation. Paper SPE/DOE 89424, Sept. 2005 SPE journal, 276–285.
7. Hognesen, E. J. and Standnes, D.C. Waterflooding of preferential oil-wet carbonates: Oil recovery related to reservoir temperature and brine composition. 2006, paper SPE 94166 Presented at the 14th Europec Biennial Conference held in Madrid, Spain, 13-16 June.
8. Gomari, K.A.R, Karoussi, O. and Hamouda, A.A. Mechanistic study of interaction between water and carbonate rocks for enhancing oil recovery. 2006, paper SPE 99628 presented at the SPE Europec / EAGE Annual Conference and Exhibition held in Vienna, Austria, June 12–15.
9. Babadagli, T., Al-Bemani, A. and Boukadi, F. Seawater as IOR fluid in fractured chalk. 1999, paper SPE 93000 presented at SPE International Conference on Oilfield Chemistry, Houston, Texas, USA, 2–4 February.
10. Oligney, R. and Economides M. Unified Fracture Design: Bridging the Gap Between Theory and Practice. Booklink Distribution. 2001.



11. Manchanda, R. and Sharma, M.M. Impact of Completion Design on Fracture Complexity in Horizontal Shale Wells. Equilibrium Test-A Method for Closure Pressure Determination. 2007, paper SPE 78173 presented at the SPE/ISRM Rock Mechanics Conference, Irving, Texas, October 20–13.
12. Sheng, J.J. Review of Surfactant Enhanced Oil Recovery in Carbonate Reservoirs. Paper SPE 97687 Presented at the SPE International Improved Oil Recovery Conference in Asia Pacific held in Kuala Lumpur, Malaysia, December 5–6.
13. Webb, K.J., Black, C.J.J. and Tjetland. A Laboratory Study Investigating Methods for Improving Oil Recovery in Carbonates. 2005, paper IPTC 10506 Presented at the International Petroleum Technology Conference in Doha, Qatar, November 21–23.
14. Fjelde, I. Sulfate in Rock Samples from Carbonate Reservoirs. 2008, paper was prepared for presentation at the International Symposium of the Society of Core Analysts held in Abu Dhabi, UAE 29 October – 2 November.
15. Lungwitz B., Fredd C., Brady M., Miller M., Ali S. and Hughes K. Diversion and Cleanup Studies of Viscoelastic Surfactant-Based Self-Diverting Acid. In SPE 86504. Production & Facilities. Vol 2, , 2007, p. 121–127 [acidizing, production enhancement, self-diverting acid, zonal coverage].
16. Chang, F., Qu, Q. and Frenier, W. 2001. A Novel Self-Diverting Acid Developed for Matrix Stimulation of Carbonate Reservoirs. Presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Houston, February 13–16. SPE 65033. <http://dx.doi.org/10.2118/65033-MS>.
17. Nasr-El-Din H.A., Al-Nakhli A., Al-Driweesh S., Welton T., Sierra L., Van Domelen M. Optimization of Surfactant-Based Fluids for Acid Diversion. 2007, SPE 107687 presented at the 7th SPE European Formation Damage Conference held in Scheveningen, The Netherlands, 30 May-1 June.
18. Brian, C. and Metcalf, S. An oil production intensification on the site San Anders thanks to use of weak acid // Oil and gas technologies, 2009. – No. 12. – Page 21-25.
19. Enhancement of Horizontal Well Oil by Means of Chemical Stimulation / A.F. Yartiev, M.H. Musabirov, A.M. Tufetulov, L.L. Grigoryeva // Asian Social Science. – Volume 11, Issue 11, 30 April 2015, Pages 346–356.
20. Hisamov R.S. Increase in efficiency of carbonate collectors of oil fields / R.S. Hisamov, M.H. Musabirov, A.F. Yartiyev. – Kazan : Ikhlas publishing house, 2015. – 192 p.
21. Podavalov V.B. About technology of deep cleaning of a bottomhole zone of layer and results of application on fields of NGDU Bavlyneft / V.B. Podavalov, O.O. Butorin // Last, real and future oil fields in the Republic of Tatarstan : the collection of reports of the scientific and practical conference devoted to the 60 anniversary of formation of JSC Tatneft, on May 28, 2010 – Almetyevsk, 2010. – P. 1. – P. 150–153.
22. Sabanchinsky oil field: history, analysis of development, prospect / R.S. Hisamov, A.G. Habibrahmanov, A.F. Yartiyev, R.G. Hannanov, V.B. Podavalov, P.G. Morozov. – Kazan : Ikhlas publishing house, 2016. – 320 p.