

Р.Ф. Комарова¹, А.А. Газизов², А.Ш. Газизов²¹ НГДУ «Бавлынефть», Бавлы, bn@tatneft.ru² НПФ «Иджат», idjat@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ ТЕХНОЛОГИЯМИ НПФ «ИДЖАТ» В НГДУ «БАВЛЫНЕФТЬ»

В 2006 году исполняется 60 лет со дня открытия Бавлинского месторождения. НГДУ «Бавлынефть» осуществляет добычу нефти на Бавлинском, Сабанчинском, Тат-Кандызском, Матросовском и Южной площади Ромашкинского месторождений, причем основной объем добываемой нефти приходится на Бавлинское месторождение. Бавлинское месторождение – одно из старейших месторождений Урало-Поволжья, открытое в 1946 г., на протяжении всей своей истории оно фактически являлось полигоном для опробования и совершенствования новых подходов к разработке, в том числе поддержания пластового давления заводнением, массивированного перехода на механизированную добычу, промышленного изучения влияния плотности сетки скважин на нефтеотдачу, а также применения физико-химических методов повышения нефтеотдачи.

Как и на многих месторождениях РТ в НГДУ «Бавлынефть» в целях увеличения охвата пластов заводнением широко применялись различные гидродинамические методы, позволяющие наиболее рационально использовать энергию закачиваемой воды: избирательное, очаговое и циклическое. Внедренные в 1981–1984 гг. на Бавлинском месторождении различные технологии нестационарного заводнения позволили существенно снизить темпы обводнения залежей нефти, сократить добычу воды и в конечном итоге увеличить нефтеотдачу пластов.

Наряду с гидродинамическими методами заводнения для повышения охвата пластов и нефтевытеснения в НГДУ «Бавлынефть» применялись физико-химические МУН с применением АСК: АСК, АСК с нефтью, АСК с ПАВ, АСК с соляной кислотой (Муслимов и др., 1996), применение технологий на основе АСК позволило дополнительно извлечь 48,1 тыс. т нефти. Но широкое внедрение метода ограничено экологической и коррозионной активностью применяемых классов соединений.

В НГДУ «Бавлынефть» разработана и применяется технология физико-химического циклического воздействия (ФХЦВ) на пласт. В результате применения технологии ФХЦВ на 2-х участках бобриковского горизонта увеличилась работающая толщина, подключились к разработке неработающие пласты и прослой, снизилась обводненность добываемой продукции, дополнительная добыча нефти составила 88 тыс. т (Муслимов и др., 1996).

На Бавлинском месторождении впервые в 1987 г. была произведена закачка полимердисперсных систем (ПДС) (Авт. свид. 933963). Результаты первых опытно-промышленных испытаний технологии с применением ПДС в НГДУ «Бавлынефть» подтвердили их эффективность (Табл. 1).

В начале 90-х годов на Бавлинском месторождении началось отставание фактической годовой добычи нефти от расчетной. Содержание воды в извлекаемой продукции возросло до 96,6% при

сравнительно невысоких отборах нефти. Одной из основных причин снижения темпов добычи являлось преждевременное обводнение скважин из-за прорыва вод по высокопроницаемым пропласткам эксплуатируемого объекта, нарушения крепи скважин, низкого качества разобщения пластов, моральное и материальное старения системы ППД.

Для стабилизации и увеличения добычи нефти наряду

Дата обработки	1987	1988	1989	1990	Итого
Количество обработок	4	4	5	2	15
Дополнительная добыча нефти, т	3050	5000	10000	5500	23550
Удельная технологическая эффективность, т/обр.	762,5	1250,0	2000,0	2750,0	1570

Табл. 1. Результаты опытно-промышленных испытаний технологии ПДС в НГДУ «Бавлынефть».

с бурением новых скважин, вводом в разработку новых месторождений необходимо было повышать эффективность работы месторождений с большой степенью выработанности запасов. В создавшихся условиях единственным способом спасения от неминуемого обводнения пластов до пределов экономической целесообразности разработки месторождения являлось применение МУН на основе повышения фильтрационного сопротивления высокообводненных прослоев нефтводонасыщенного коллектора.

Решение этих задач послужило началом многолетнего

Годы	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Всего
Количество обработок	1	1	2	–	2	–	2	1	4	11	4	28
Дополнительная добыча нефти, т	800	1200	2600	4608	12869	7521	6688	13181	32188	36558	25338	143551

Табл. 2. Результаты промышленного внедрения технологии повышения нефтеотдачи пластов с применением ПДС на месторождениях НГДУ «Бавлынефть».

плодотворного сотрудничества НПФ «Иджат» и НГДУ «Бавлынефть». Сотрудниками НПФ «Иджат» под руководством А.Ш. Газизова был собран, обобщен и проанализирован весь материал по истории эксплуатации отдельных скважин и объектов разработки, изучен и проработан практически весь опубликованный материал, статьи и книги по месторождениям НГДУ «Бавлынефть», проведен анализ ре-

Проницаемость, мкм ²	Начальная нефтенасыщенность, %	Первичное заводнение			Закачиваемые реагенты	Прирост коэффициента нефтеотдачи, %	Остаточный фактор сопротивления
		коэффициент вытеснения, %	коэффициент нефтеотдачи, %	Обводненность, %			
2,210 0,095	69,4 72,2	60,6 3,2 –	– – 32,9	100 0 99,1	ПДС	4,9	1,57
1,060 0,100	79,1 67,0	65,2 8,5 –	– – 35,2	100 0 98,2	ПДС с солями многовалентных металлов	18,2	5,67
3,950 0,187	77,0 76,5	62,8 9,5 –	– – 36,0	100 0 97,5	ПДС со сшивателем	13,1	8,20
3,05 0,20	69,4 69,6	64,6 11,3 –	– – 36,2	100 0 98,3	Кислотные и щелочные реагенты	18,0	4,14

Табл. 3. Результаты моделирования вытеснения нефти на моделях неоднородного пласта с применением МУН, разработанных НПФ «Иджат».

Продуктивные горизонты (надгоризонты)	Газовый фактор, нм ³ /т	Давление насыщения газом, МПа	Вязкость, МПа·с	Массовое содержание, %		
				асфальтенов	смола силикагельных	парафинов
живетский	35 – 70	8,0 – 10	3,3 – 4,7	3,4 – 5,6	18,2 – 20,0	2,3 – 5,5
пашийский	35 – 70	8,0 – 10	2,5 – 10,0	2,3 – 4,4	18,8 – 28,0	2,6 – 5,4
кыновский	35 – 65	8,0 – 10	4,0 – 14,0	4,5 – 4,6	14,5 – 30,2	2,6 – 4,8
турнейский	10 – 20	4,5 – 5	12,1 – 200,0	5,4 – 11,3	16,9 – 23,2	3,3 – 6,2
бобриковский	15 – 27	4,5 – 5	16,0 – 400,0	5,0 – 9,7	17,7 – 22,1	2,9 – 6,7
тульский	15 – 27	4,5 – 6	24,2 – 65,0	3,3 – 8,2	22,8	2,1 – 3,1
башкирский	5	1,0 – 3	22,3 – 131,0	3,6 – 10,0	16,2 – 32,8	2,8 – 3,7
верейский	5	2,5 – 3	23,5 – 128,0	6,4 – 10,0	16,3 – 40	1,8 – 4,1

Табл. 4. Диапазон изменения параметров физических свойств и состава пластовых нефтей продуктивных отложений Татарстана.

зультатов опытно-промысловых работ с применением ПДС.

Результатом совместной аналитической работы стали программы работ по повышению нефтеотдачи пластов,

МУН	Месторождение	За-лежь	N	Успешность	Доп. добыча нефти, т	ТЭ, т/обработку
ПДС	Бавлинское	998	12	92	48517	4043
ПДС +сшиватель	Бавлинское	998	1	100	636	636
ПДС + соли многовалентных металлов	Бавлинское	998	2	100	2572	1286
Итого			15	97	51725	3448

Табл. 5. Результаты опытно-промысловых работ технологиями НПФ «Иджат» в залежах с высоковязкими нефтями в НГДУ «Бавлынефть». N – количество обработок, ТЭ – технологическая эффективность.

МУН	N	Успешность Обработок, %	Доп. добыча нефти, т	ТЭ, т/обработку
ПДС	8	94	22156	2461
ПДС +ПАВ	1	100	900	900
МПДС (ПДС + соли многовалентных металлов)	1	100	1083	1083
Кислотные + щелочные реагенты	2	100	1176	588
Итого	13		24525	1886

Табл. 6. Результаты применения физико-химических МУН, разработанных НПФ «Иджат» в карбонатных отложениях залежей НГДУ «Бавлынефть». См. обозначения – табл. 5.

одобренные и утверждённые руководством геологической службы ОАО «Татнефть». Программ было несколько, как по воздействию на выработанные терригенные коллекторы, так и по повышению эффективности разработки сла-

МУН	Горизонт	Обводненность, %	Доп. нефть, т/обр	t, мес.
ПАА	Д	> 90	5800	42
		50–90	6900	36
ОЭЦ	С, бобрлик	–	10300	36
ПДС	Д	> 90	3500	24
		50–90	3400	24
ПДС +соли многовалентных металлов	Д	> 90	6300	24
		50–90	3500	24
СНПХ-95М	Д	50–90	3000	24
ЩСПК	Д	> 90	1150	18
		50–90	1670	18
ВДС	Д	> 90	900	24
		50–90	2300	24
		0–50	2900	24
		50–90	950	25
Силикатно-полимерный гель	Д	> 90	490	18
		50–90	1600	18

Табл. 7. Зависимость эффективности физико-химических МУН от обводненности добываемой продукции на месторождениях ОАО «Татнефть». t – продолжительность эффекта.

бопроницаемых карбонатов и алевролитов.

Согласно этим программам работы по внедрению технологии с применением ПДС были продолжены (Табл. 2). Результаты внедрения ПДС показали высокую эффективность, проведено 28 обработок, дополнительно извлечено 143,5 тыс. т нефти, в среднем 5126 т на 1 обработку.

Для расширения области применения ПДС с целью извлечения остаточных запасов нефти в осложненных условиях эксплуатации

заводненных пластов в НПФ «Иджат» разработан целый ряд модифицированных ПДС (МПДС): со сшивающими агентами, ПДС с солями многовалентных металлов, ПДС с регулирующими свойствами и ПДС с ПАВ. Технологии на основе применения МПДС повышают возможность извлечения остаточной нефти в разнообразных геолого-физических условиях, в частности, в пластах с высоковязкими нефтями и в карбонатных пластах, так как обеспечивают:

- более высокие значения фильтрационного сопротивления высокопроницаемой части пласта в 3,6–5,22 раза по сравнению с базовой ПДС (Табл. 3);

- увеличение скорости фильтрации (темпа выработки) в низкопроницаемой части и, соответственно, извлечение большего количества дополнительной нефти.

Исследования, проведенные в 50–60-х гг., показали, что тяжелые нефти не просто являются высоковязкими жидкостями; это реологически сложные системы, содержащие смолы, асфальтены и парафины (Табл. 4) (Хисамов, Газизов, 2003).

Вязкость является одной из важных физических характеристик нефти. Она оказывает сильное влияние на процесс фильтрации нефти через пористую среду. От величины вязкости нефти в значительной степени зависит дебит скважин, срок эксплуатации залежи, полнота выработки запасов нефти и другие показатели разработки нефтяных месторождений, определяющие экономическую эффективность процесса добычи нефти.

На Бавлинском месторождении для извлечения высоковязких нефтей бобриковского горизонта (Табл. 5) применялись МУН на основе ПДС, а в сложных геолого-физических условиях – МПДС.

Результаты опытно-промысловых работ в НГДУ «Бавлынефть» в залежах с высоковязкими нефтями (бобриковский + радаевский горизонт) подтвердили перспективность разработанных в НПФ «Иджат» МУН для извлечения высоковязких нефтей, на 15 участках Бавлинского месторождения дополнительно добыто 51725 т нефти (Табл. 5).

Представляют интерес результаты внедрения МУН, разработанных НПФ «Иджат» в карбонатных отложениях Бавлинского месторождения (Табл. 6).

На 13 опытных участках кизеловского горизонта работы по активизации процессов извлечения остаточной нефти осуществлялась с использованием МПДС, ПДС и гелеобразующей технологией комплексного действия (кислотные + щелочные реагенты). Применение этих технологий при низкой проницаемости коллекторов и низких дебитах скважин (0,1–3,0 т/сут) позволило извлечь в среднем 1886 т нефти на один обработанный участок (Табл. 6). Исследованиями сотрудников института «ТатНИПИнефть» подтверждено, что технологии на основе ПДС и МПДС практически одни из немногих МУН, применяемые в ОАО

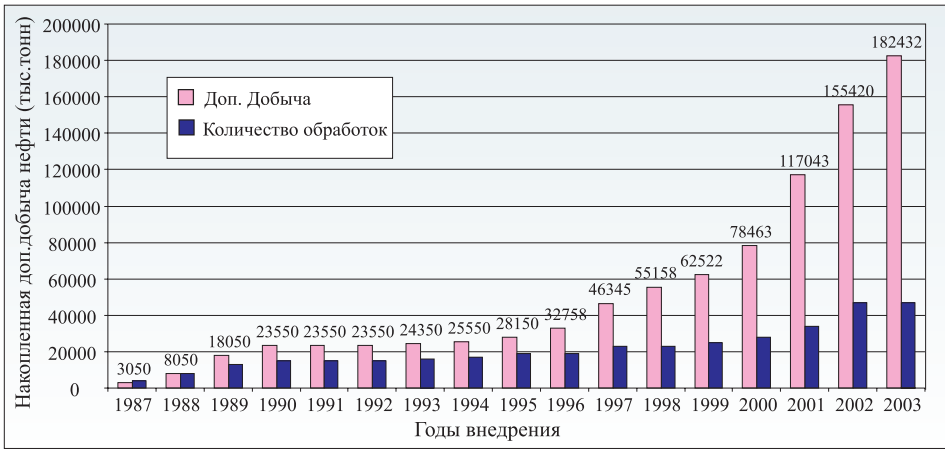


Рис. 1. Динамика дополнительной добычи нефти за счет внедрения технологий ПНП НПФ «Иджат» в НГДУ «Бавлынефть».

«Татнефть», эффективность которых возрастает с повышением обводненности добываемой продукции (Табл. 7) (Ибатуллин и др., 1998).

Технологии ПНП	Регион	N	Доп. добыча нефти, т	Рентабельность, %
ПДС	Западная Сибирь	484	1893969	98,2
	Татарстан	815	2115616	
	Прочие	25	44800	
ПДС + сшивающие агенты	Татарстан	18	33716	78,0
ПДС + соли многовалентных металлов	Татарстан	103	410622	93,0
Кислотные + щелочные реагенты	Западная Сибирь	28	200056	79,8
	Татарстан	144	281690	
РМД	Татарстан	315	275036	64,2

Табл. 8. Показатели внедрения основных технологий ПНП «Иджат» на месторождениях РФ. См. обозначения – табл. 5.

Номер скважины	Дата обработки	До обработки			После обработки			Дополнительная добыча нефти, т	Продолжительность эффекта, сут
		Дебит по нефти, т/сут	Дебит по жидкости, т/сут	Обводненность, %	Дебит по нефти, т/сут	Дебит по жидкости, т/сут	Обводненность, %		
1605	11.10.99	0,2	1,1	83,5	1,2	9,9	80,3	551	639
1530	20.10.99	14,1	122,3	86,9	44,0	209,6	67,1	5511	799
1647	30.10.99	6,3	53,0	92,6	10,7	76,0	83,2	605	536
1594	14.07.00	1,1	6,8	86,1	2,9	11,9	75,7	369	485
1742	18.07.00	0,7	12,2	91,7	1,9	30,1	90,6	250	500
1799	20.07.00	0,1	2,0	99,1	0,3	6,1	95,6	221	353
1545	25.07.00	0,2	22,0	99,2	0,2	25,5	99,2	130	403
1905	28.07.00	0,4	14,1	98,4	0,4	15,6	96,0	56	254
1508	01.08.00	0,1	15,4	99,2	0,8	16,3	95,1	611	436
1849	14.12.00	1,1	12,1	90,0	1,1	13,7	89,7	114	396
1846	25.12.00	1,3	15,1	90,9	2,1	15,1	87,5	164	244
Среднее значение								780,2	485,6

Табл. 9. Эффективность воздействия на ПЗП скважин Сабанчинского месторождения с применением РМД.

За период с 1987 по 2006 гг. с применением МУН, разработанными в НПФ «Иджат», в НГДУ «Бавлынефть» произведена обработка 47 высокообводненных (свыше 95%) участков, извлечено дополнительно 182432 т нефти, сокращен объем попутно-добываемой воды (Рис. 1).

Все технологии повышения нефтеотдачи экологически безопасны для нефтяных месторождений, преимуществом их является доступность сырьевой базы, использование существующих производственных и технологических узлов для их приготовления и закачки в пласт, отсутствие коррозионной агрессивности по отношению к нефтепромысловому оборудованию. Технологии являются ресурсосберегающими, рентабельность составляет от 64,2 до 98% (Табл. 8).

позволяет достичь:

- снижения обводненности добываемой продукции до 50%;
- увеличения дебита нефти более чем в 2 раза;
- снижения остаточного фактора сопротивления до 0,87;
- повышения фильтрационного сопротивления обводненных высокопроницаемых пропластков.

В таблице 9 приведены результаты ОПЗ в скважинах Сабанчинского месторождения в течение длительного времени. Как видно из приведенных данных, среднее значение объема дополнительно добытой нефти за счет ОПЗ составило 780,2 т.

Выводы

На завершающей стадии разработки Бавлинского месторождения (при обводненности добываемой продукции более 95%) одним из перспективных направлений повышения конечной нефтеотдачи пластов являются физико-химические методы воздействия на продуктивные пласты, основанные на повышении фильтрационного сопротивления обводненных зон.

Литература

Галеев Р.Г. *Повышение выработки трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья*. М.: КУГК, 1997.

Муслимов Р.Х., Абдулмазитов Р.Г., Иванов А.И. и др. *Геологическое строение и разработка Бавлинского нефтяного месторождения*. М.: ОАО ВНИИОЭНГ, 1996.

А.с. 933963 СССР, МКИ* Е 21В 43/32. Способ изоляции притока вод в скважину. А.Ш. Газизов, В.К. Петухов, И.Ю. Исмагилов и др. (СССР) № 2931799/22–03.

Хисамов Р.С., Газизов А.Ш., Газизов А.А. *Увеличение охвата продуктивных пластов воздействием*. М.: «ВНИИОЭНГ», 2003.

Ибатуллин Р.Р., Глумов И.Ф., Амерханов М.И., Васильев Э.П. Методы дифференцированного анализа технологической эффективности методов увеличения нефтеотдачи. *Приоритетные методы увеличения нефтеотдачи пластов и роль супертехнологий. Труды конф., посв. 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения*. Казань: Новое Знание, 1998.

Раиса Фёдоровна Комарова
 Геолог технологического отдела по разработке нефтяных и газовых месторождений НГДУ «Бавлынефть».

