

УДК 622.279.23/4

А.Е. Рыжов, Н.М. Парфёнова, Е.Б. Григорьев, И.М. Шафиев, М.М. Орман

Физико-химическая характеристика конденсатов ачимовских отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения

В настоящей статье представлены результаты комплексного физико-химического исследования жидких углеводородов, растворенных в газе ачимовских залежей Уренгойского месторождения, включающего определение свойств конденсатов, фракционного и группового химического составов, товарных свойств топливных фракций, а также рекомендации по их рациональному использованию.

Продуктивность ачимовских отложений на Уренгойском месторождении установлена в 1978 г. в скв. 95-Р. В разрезе ачимовской толщи выделены шесть песчаных пластов (Ач₁, Ач₂, Ач₃₋₄, Ач₅, Ач₆⁰, Ач₆). Глубина залегания ачимовской пачки – 3400÷4000 м. Ачимовская толща пород берриас-валанжинского возраста представляет собой глинистые отложения толщиной до 200 м и более, включающие песчаные тела клиноформенного типа [1, 2].

Залежи ачимовских отложений находятся в жестких термобарических условиях: пластовые давления изменяются в пределах 57÷61 МПа, температуры – 106÷110 °С. Потенциальное содержание конденсата находится в пределах 286÷319 г/м³ на газ сепарации, конденсатогазовый фактор по сырому конденсату – 413 см³/м³ (или 268,7 г/м³). Жесткие термобарические условия обусловили растворимость в газе сравнительно тяжелых по фракционному составу жидких углеводородов [3].

Объектами настоящего исследования являлись конденсаты из залежей пластов Ач₃₋₄, Ач_{3-4,5} и Ач₅, отобранные из разведочных скважин при начальном пластовом давлении, а также из эксплуатируемых скважин при текущем пластовом давлении.

В табл. 1 приведена общая физико-химическая характеристика конденсатов ачимовских отложений из скв. 732, 778, 716, 285, 727, 212-4 (Ач₃₋₄), 774, 705 (Ач_{3-4,5}), 440, 336, 800, 213-3 (Ач₅), исследованных в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в 1997–2012 гг.

Характерными особенностями, общими для всех изученных конденсатов, являются: довольно высокие значения плотности (779,7÷790,7 кг/см³), значительное содержание твердых парафинов (3,34÷5,04 % масс.), низкое содержание серы (0,025÷0,028 % масс.) и широкий температурный интервал выкипания. Конденсаты, отобранные в начальный период разработки (1996–1999 гг.), схожи между собой как по физико-химическим свойствам, так и по фракционному составу. Сравнение конденсатов по фракционному составу (рис. 1) показывает, что кривые фракционного состава имеют одинаковый вид, лежат близко друг к другу, что является свидетельством большого сходства между ними.

Было проведено сравнение результатов исследования фракционного состава конденсатов ачимовских отложений в начальный период разработки, проведенного в ООО «Газпром ВНИИГАЗ», с данными, полученными в ОАО «ТЦЛ» (рис. 2), которое также показало их сходство.

Конденсаты из залежи Ач₅ (скв. 440, 336 и 800 Восточного Уренгоя), отобранные в 1999 г., схожи между собой по всем основным параметрам, но несколько легче конденсатов, отобранных из залежей Ач₃₋₄ и Ач_{3-4,5}. Так, средняя плотность конденсатов залежи Ач₅ – 775,2 кг/м³, конденсатов залежей Ач₃₋₄ и Ач_{3-4,5} – 788,0 г/см³, остаток перегонки составляет соответственно 7,5÷9,6 и 11,6÷14,0 % об. В целом же эти конденсаты схожи с конденсатами пластов Ач₃₋₄ и Ач_{3-4,5}.

Ключевые слова:

газоконденсат, фракционный состав, групповой углеводородный состав, бензиновые, керосиновые, дизельные фракции.

Keywords:

gas condensate, fraction composition, group hydrocarbon composition, gasoline, kerosene, diesel fractions.

Таблица 1
Физико-химические свойства и фракционный состав конденсатов ачимовских отложений Уренгойского месторождения (ВНИИГАЗ)

№ скважины	Год отбора	Платовое давление, МПа	Плотность при 20 °С, кг/м ³	Показатель преломления	Молекулярная масса	Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	Температура помутнения, °С	Температура застывания, °С	Содержание, % масс.			Фракционный состав (по ГОСТ 2177)										Групповой углеводородный состав, % масс. на фракцию НК-300					
									серы	твердых парафинов	смолянистых веществ	НК, °С	температура перегонки, °С								отгон, % об.	остаток, % об.	потери, % об.	ароматические	нафтеновые	метановые	
													10 % об.	20 % об.	30 % об.	40 % об.	50 % об.	60 % об.	70 % об.	80 % об.							КК, °С
Скв. 732 (Ач ₃₋₄)	1998	60	779,7	1,4395	137	1,61	18	-7	0,025	3,85	0,43	32	76	104	121	143	178	228	280	331	> 360	87	11,8	1,2			
	2001	59,4	786,8	1,4421	139	1,74	18	-7	0,025	3,64	0,4	38	77	99	118	139	167	222	275	328	> 360	87,3	11,2	1,5			
	1996	60,3	0,7816	1,4424	140	1,81	18	-4	0,025	4,36	0,38	45	90	106	126	150	182	232	282	336	> 360	88	11,6	1,6			
Скв. 778 (Ач ₃₋₄)	2001	58,8	788,8	1,4421	141	1,8	17	-4	0,025	3,47	0,31	42	86	105	124	144	175	230	280	330	> 360	86,6	11,8	2			
	2003	58	787,9	1,441	142	1,72	18	-6	0,025	3,43	0,3	43	86	104	123	145	178	228	276	330	> 360	86,7	11,7	1,6	18,22	33,5	48,3
Скв. 716 (Ач ₃₋₄)	2001	58,8	788	1,4424	142	1,81	18	-6	0,025	3,34	0,26	36	82	103	120	142	172	226	274	325	> 360	86,2	11,8	2	13,95	44,1	41,9
Скв. 285 (Ач ₃₋₄)	2001	55	787,3	1,4437	143	1,99	21	-11	0,028	4,68	0,37	38	82	108	131	154	192	249	300	355	> 360	84,8	13	2,2			
Скв. 727 (Ач ₃₋₄)	2002	60,8	786,2	1,4413	142	1,76	21	-9	0,024	5,04	0,36	41	79	105	124	148	182	231	293	340	> 360	86	12	2	16,88	36,5	46,6
Скв. 774 (Ач _{3-4,5})	1997	60,8	785,2	1,4408	135	1,83	20	-11	0,028	3,63	0,39	50	86	110	130	153	185	235	285	350	> 360	83	14	3	15,62	37	47
	2001	58,5	792	1,4431	138	1,88	19	-4	0,025	3,58	0,35	44	83	104	121	144	176	230	278	328	> 360	86	12,6	1,4			
Скв. 705 (Ач _{3-4,5})	2001	57,7	780,9	1,4408	139	1,71	19	-11	0,023	3,95	0,33	36	72	100	119	143	177	227	285	338	> 360	85	13,2	2			
2002	56,3	783,1	1,44	140	1,77	18	-10	0,023	4,36	0,33	34	71	100	121	145	181	236	291	339	> 360	84,5	13,5	2				
Скв. 440 (Ач ₃)	1999	60	779,1	1,4306	136	1,44	14	-7	0,02	3,02	0,5	46	91	107	121	136	158	198	256	310	> 360	90	8,5	1,5	16,23	36	47,8
Скв. 336 (Ач ₃)	1999	60,5	773,8	1,4371	137	1,4	12	-20	0,022	2,67	0,58	37	80	104	123	143	168	210	253	306	> 360	91	7,5	1,5			
Скв. 800 (Ач ₃)	1999	-	772,7	1,4379	136	1,54	16,5	-14	0,02	3,34	0,53	33	73	102	123	146	180	228	281	334	> 360	86,4	9,6	4			
Скв. 212-4 (Ач ₃₋₄)	2012	-	765,5	1,4293	126	1,24	2	-13	0,015	3,08	0,24	29,6	74,8	99,4	117	137	166	208	255	307	> 360	88,8	5	6,2	14,71	35,3	50
Скв. 213-3 (Ач ₃)	2012	60,3	790,7	1,4444	148	2,17	14	-12	0,026	5,04	0,61	37,5	83,1	107	127	154	197	248	296	351	> 360	82,5	14,8	2,7	15,88	34,8	49,3

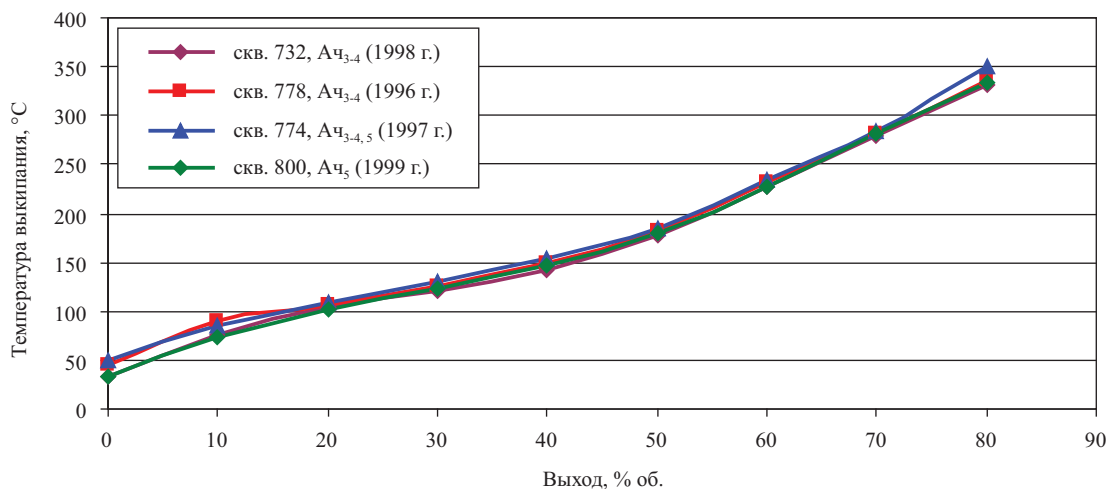


Рис. 1. Фракционный состав конденсатов в начальный период разработки по ГОСТ 2177 (данные ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

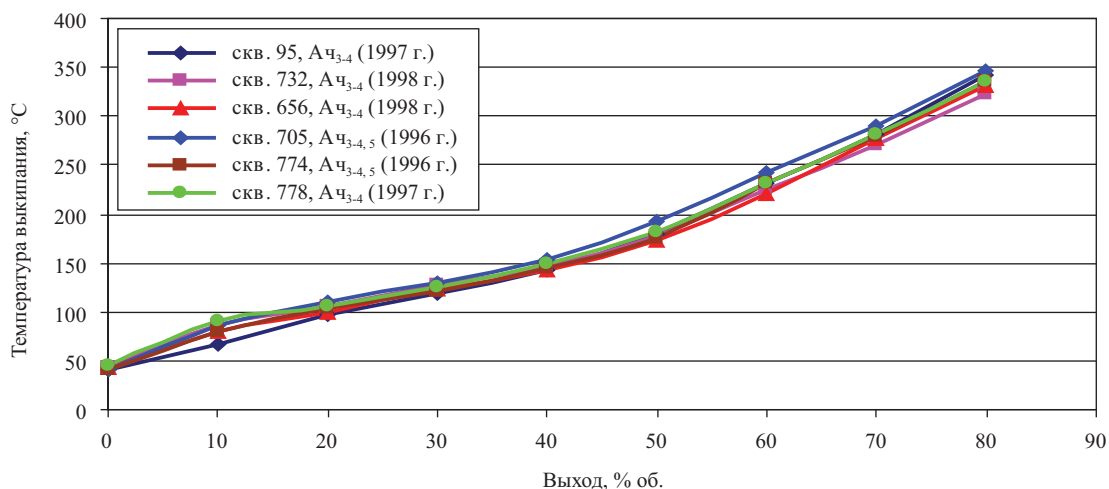


Рис. 2. Фракционный состав конденсатов в начальный период разработки по ГОСТ 2177 (данные ОАО «ТЦЛ»)

Изменение свойств конденсатов в процессе разработки наиболее отчетливо видно при сопоставлении их фракционных составов. На рис. 3 представлена динамика изменения фракционного состава конденсатов в процессе опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) на примере конденсата из скв. 778.

За время ОПЭ скважины пластовое давление снизилось с 60,3 МПа в начале разработки (1996 г.) до 58,0 МПа в 2003 г. Практически полное слияние кривых фракционного состава свидетельствует о том, что за этот период в составе конденсата из скв. 778 (Ач_{3,4}) не произошло никаких изменений.

Сопоставление фракционных составов конденсатов по кривым истинных температур кипения (ИТК), позволяющим оценить весь

интервал выкипания конденсатов, представлено на рис. 4. К уже имеющимся данным по конденсатам, отобранным из скважин в 1996–2003 гг., добавлены сведения по фракционному составу конденсатов из скв. 212-4 (Ач_{3,4}) и 213-3 (Ач₅) 2012 г. отбора.

Конденсат из скв. 213-3, отобранный при начальном пластовом давлении (60,3 МПа) с плотностью 790,7 кг/м³, немного тяжелее по фракционному составу ранее исследованных конденсатов (см. табл. 1). Тем не менее, кривая ИТК этого конденсата (см. рис. 4) хорошо вписывается в общую картину. Конденсат из скв. 212-4, эксплуатируемой в промышленном масштабе с 2009 г., отличается по всем физико-химическим характеристикам от других конденсатов (см. табл. 1). Это различие

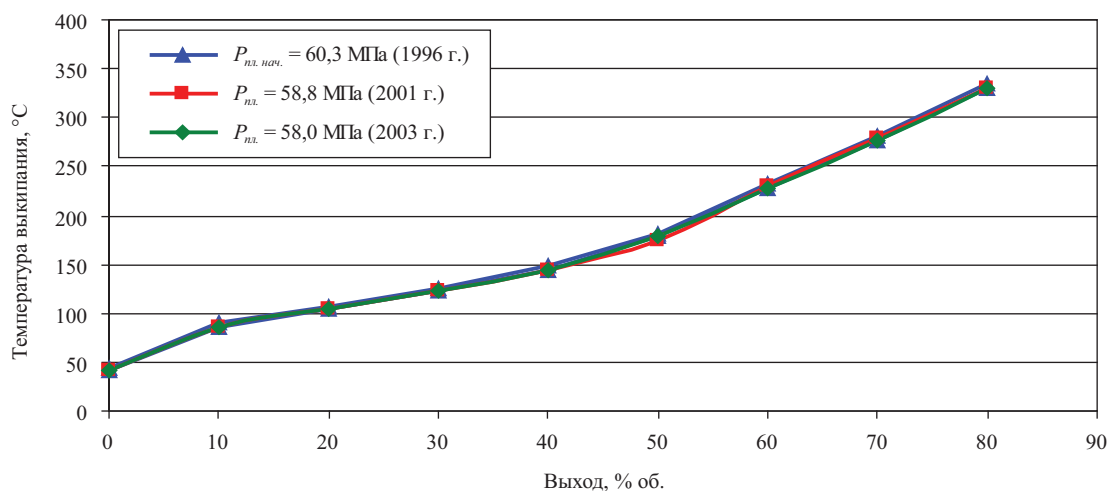


Рис. 3. Динамика изменения фракционного состава конденсата из скв. 778 (Ач₃₋₄) в процессе ОПЭ (по ГОСТ 2177)

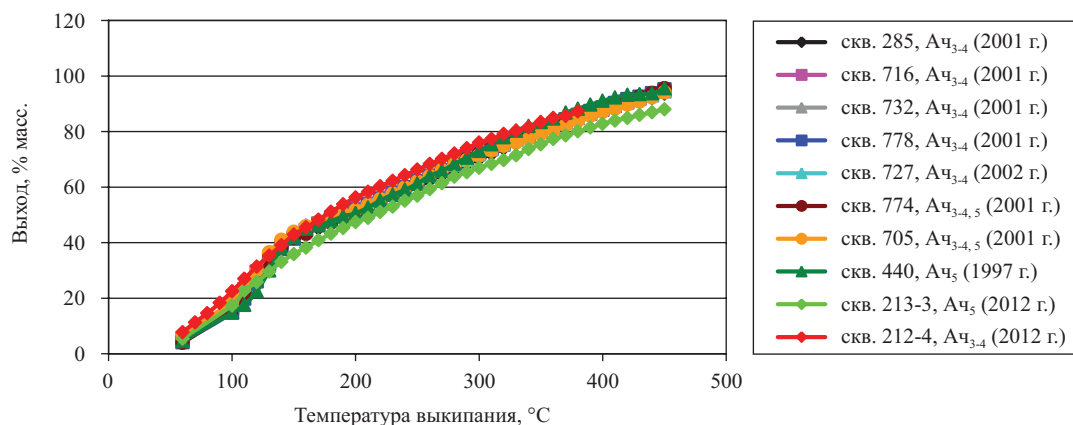


Рис. 4. Фракционный состав (ИТК) конденсатов разного времени отбора

касается и фракционного состава конденсата из скв. 212-4, кривая ИТК которого (см. рис. 4) лежит ниже остальных кривых и характеризуется иной формой, свидетельствующей о большем количестве легких фракций до 100 °C и меньшем содержании тяжелых фракций. Конденсат имеет меньшие значения плотности (765,5 кг/м³), молекулярной массы (126), кинематической вязкости (1,24 мм²/с) и остатка пегонки (5,0 % об.) по сравнению с другими конденсатами. Все эти изменения свидетельствуют о наметившейся тенденции к некоторому облегчению состава конденсата, происходящему в процессе разработки при падении пластового давления.

Групповой углеводородный состав конденсатов представлен по дистиллятной части, выкипающей в пределах НК-300 °C, и выполнен методом анилиновых точек (рис. 5).

Согласно графику, все исследованные конденсаты – начального периода разработки 1997–1999 гг. (скв. 774, 440), 2001 г. (скв. 778) и текущего периода 2012 г. (скв. 212-4 и 213-3) – схожи между собой по углеводородному составу и принадлежат к типу метаново-нафтенных конденсатов с небольшим преобладанием метановых углеводородов. В конденсатах из скв. 727, 778, 440, 213-3 и 212-4 содержание метановых углеводородов варьирует в узком интервале – 46,6÷50,0 % масс., нафтенных углеводородов – в интервале 33,5÷36,0 % масс. В конденсате из скв. 716 примерно равное содержание метановых и нафтенных углеводородов. Количество ароматических углеводородов среднее и находится в пределах 14÷18 % масс.

Характеризуя товарные свойства конденсатов, можно отметить, что конденсаты содержат практически все товарные фракции с хорошими

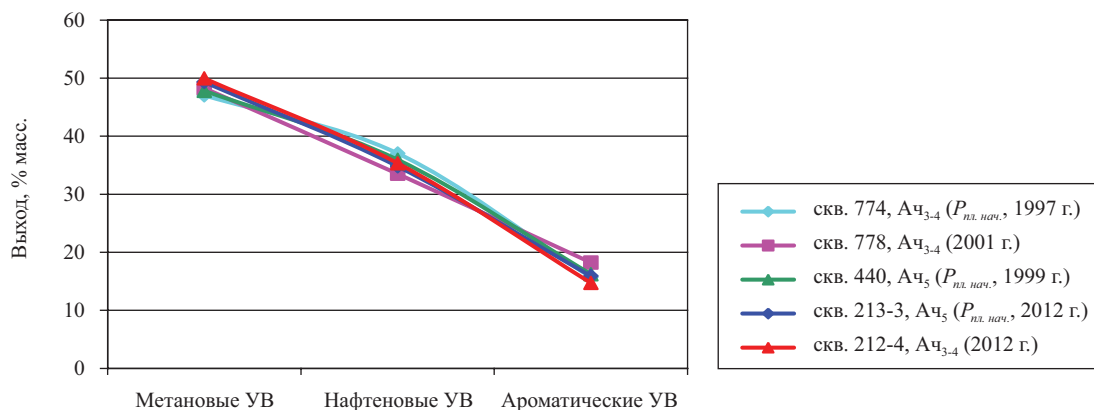


Рис. 5. Групповой углеводородный состав конденсатов

выходами последних. Содержание бензиновой фракции НК-200 °С составляет 51÷56 % масс, фракции авиакеросина 120÷240 °С – 29÷34 % масс., фракции дизельного топлива 180÷350 °С – 33÷34 % масс.

Потенциальное содержание топливных фракций в конденсатах из скв. 212-4 и 213-3 (2012 г.) представлено на рис. 6. Конденсат из скв. 212-4 характеризуется более высокими по сравнению с конденсатом из скв. 213-3 выходами бензиновых фракций и примерно равными выходами фракций авиакеросина и дизельного топлива.

Бензиновые фракции конденсата из скв. 213-3 характеризуются высокими выходами, довольно высокими октановыми числами (70,7÷75,5 п. по исследовательскому ме-

тоду, несколько более низкими по моторному методу – 65,0÷69,8 п.) и хорошими показателями теплоты сгорания (табл. 2). Однако они имеют низкие значения давления насыщенных паров, из-за чего не отвечают требованиям ТУ 51-03-11088 на фракцию газоконденсатную бензиновую прямогонную для автобензинов газоконденсатных прямогонных. В целом же эксплуатационные характеристики бензиновых фракций конденсата позволяют рекомендовать их в качестве основы для получения автомобильных бензинов.

Характеристика керосиновых фракций конденсатов из скв. 716 (2001 г.) и 213-3 (2012 г.) приведена в табл. 3. Керосиновые дистилляты, выкипающие в разных температурных интервалах (выполнено с целью оптимизации их

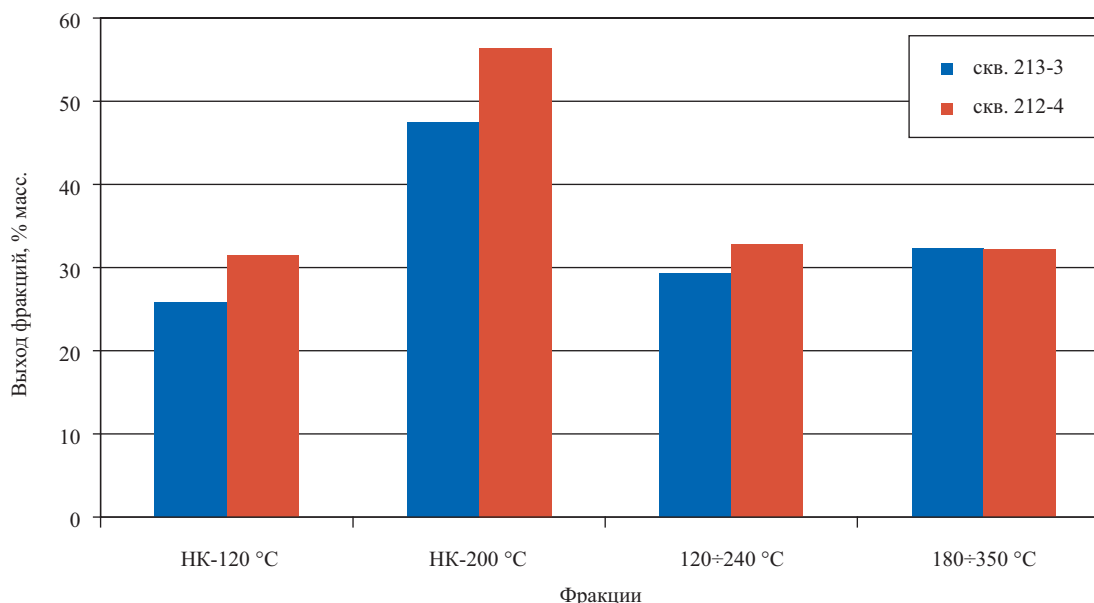


Рис. 6. Потенциальное содержание топливных фракций в конденсатах из скв. 212-4 и 213-3

Таблица 2

Характеристика бензиновых фракций конденсата из скв. 213-3

Показатели	Температурные пределы выкипания фракции, °С		
	НК-120	НК-62-180	НК-200
Выход, % масс.	25,82	43,10	47,39
Плотность при 20 °С, кг/м ³	713,4	751,8	742,0
Показатель преломления, n_D^{20}	1,3991	1,4191	1,4153
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	0,61	0,80	0,95
Давление насыщенных паров, кПа	1,22	0,45	0,84
Фракционный состав:			
• НК, °С	37,3	67,3	40,5
• 10 % об. перегоняется при температуре, °С	62,3	92,9	76,1
• 50 % об. перегоняется при температуре, °С	89,3	116,9	117,4
• 90 % об. перегоняется при температуре, °С	112,7	163,9	171,1
• КК, °С	125,9	180,1	200,3
• остаток, % об.	0,8	0,9	0,5
• потери, % об.	1,5	0,9	1,9
Октановое число:			
• по моторному методу	69,80	65,00	65,4
• по исследовательскому методу	75,45	70,90	70,7
Теплота сгорания, кДж/кг:			
• низшая	43700	43300	43400
• высшая	47400	47400	46900

Таблица 3

Характеристика керосиновых фракций

Показатели	Скв.716 (Ач _{3,4} , 2001 г.), фракция 135÷230 °С	Скв 213-3 (Ач ₅ , 2012 г.), фракция 120÷240 °С	Нормы для реактивного топлива марки ТС-1 (ГОСТ 10227-86)	
			высший сорт ОКП 02 5121 0205	первый сорт ОКП 02 5121 0204
Выход, % масс.	22,0	29,25	–	–
Плотность при 20 °С, кг/м ³	767,4	788,7	Не менее 780	Не менее 775
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	1,38	1,20	Не менее 1,30	Не менее 1,25
Температура начала кристаллизации, °С	Ниже –60	Ниже –60	Не выше –60	
Испытание на медной пластинке	Выдерж.	Выдерж.	По п. 4.4 ГОСТ	
Массовая доля ароматических углеводородов, %	20,3	20,9	Не более 22	Не более 22
Фракционный состав (по ГОСТ 2177-99):				
• температура начала перегонки, °С	137,0	127,1	Не выше 150	Не выше 150
• 10 % перегоняется при температуре, °С	156,0	143,1	Не выше 165	Не выше 165
• 50 % перегоняется при температуре, °С	170,0	169,3	Не выше 195	Не выше 195
• 90 % перегоняется при температуре, °С	211,0	217,4	Не выше 230	Не выше 230
• 98 % перегоняется при температуре, °С	226,0	234,0	Не выше 250	Не выше 250
• остаток от разгонки, %	0,8	0,9	Не более 1,5	Не более 1,5
• потери от разгонки, %	0,4	1,5	Не более 1,5	Не более 1,5

свойств), по всем основным показателям соответствуют требованиям ГОСТ 10227-86 к топливам для реактивных двигателей марки ТС-1. Однако керосиновый дистиллят 120÷240 °С имеет более низкое значение кинематической вязкости при 20 °С, вследствие чего его можно рекомендовать в качестве основы для получения реактивного топлива только после добавления соответствующих присадок.

Характеристика фракций дизельного топлива приведена в табл. 4.

Широкая фракция дизельного топлива 180÷350 °С по всем основным характеристикам соответствует требованиям ГОСТ 305-82 на летнее дизельное топливо марки Л. Для использования этой фракции в качестве зимнего дизельного топлива марки З необходимо применение присадок, снижающих температуру помутнения и застывания. Фракция дизельного топлива, выкипающая в температурном интервале 160÷340 °С, требует улучшения ее вязкостных свойств. В целом же исследованные дизельные дистилляты характеризуются хорошим качеством и могут быть рекомендованы в качестве основы для получения высококачественного дизельного топлива.

Остаток, выкипающий при температуре выше 350 °С, не содержащий асфальтенов и значительного количества смолистых соединений, представляет собой качественное сырье для получения масел различного назначения.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

Конденсаты ачимовских отложений Уренгойского НГКМ из разведочных скважин пластов Ач_{3,4} и Ач₅, добытые в 1996–2012 гг. при начальном пластовом давлении, схожи между собой по физико-химическим характеристикам. Они характеризуются высокой плотностью (779,7÷790,7 кг/м³), выкипают в широком температурном интервале (34,4÷540 °С), являются парафинистыми (содержание парафина – 3,4÷5,1 % масс.), малосмолистыми (содержание смол силикагелевых – 0,33÷0,61 % масс.), низкосернистыми (содержание общей серы – 0,025÷0,028 % масс.) и относятся к метаново-нафтеновому типу. Небольшое снижение пластового давления (от 60,8÷60,0 до 58,0 МПа) в 1997–2003 гг. при ОПЭ не сказалось на физико-химических характеристиках изученных конденсатов.

В конденсате из скв. 212-4, эксплуатируемой с 2009 г., наметилась тенденция к некоторому облегчению состава. Об этом свидетельствуют уменьшение плотности (765,5 кг/м³), вязкости кинематической и молекулярной массы, а также данные фракционного состава. Содержание высокомолекулярной части конденсата, выкипающей при температуре выше 380 °С, сократилось до 7,2 % масс. по сравнению с 13÷17 % масс. конденсатов при начальных пластовых условиях.

Таблица 4

Характеристика фракций дизельного топлива

Показатели	Скв. 716 (Ач _{3,4} , 2001 г.), фракция 160÷340 °С	Скв. 213-3 (Ач ₅), фракция 180÷350 °С	Нормы для дизтоплива марок Л, З (ГОСТ 305-82)	
			Л	З
Выход, % масс.	34,15	32,24	–	–
Плотность при 20 °С, кг/м ³	823,0	832,0	Не более 860	Не более 840
Плотность при 15 °С, кг/м ³	826,8	835,4	–	–
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	2,81	3,73	3,0÷6,0	1,8÷5,0
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	78	74	Не менее 40	Не менее 35
Температура помутнения, °С	–21	–10	Не выше –5	Не выше –5
Температура застывания, °С	–26	–18	Не выше –10	Не выше –35
Цетановое число (расчет по ГОСТ 27768-88)	46,8	50,5	Не менее 45	Не менее 45
Фракционный состав:				
• 50 % перегоняется при температуре, °С	235	255,2	Не более 280	Не более 280
• 96 % перегоняется при температуре, °С	316	344,5	Не более 360	Не более 340

Бензиновые, керосиновые и фракции дизельного топлива характеризуются высокими выходами, благоприятными эксплуатационными характеристиками и могут быть рекомендованы в качестве основы для получения высококачественных топлив различного назначения.

Остаток, выкипающий при температуре выше 350 °С, не содержащий асфальтенов и большого количества смолистых соединений, представляет собой сырье для получения масел различного назначения.

Список литературы

1. Рыжов А.Е. Коллекторские свойства пород продуктивных отложений по керновым данным / А.Е. Рыжов, Н.В. Савченко // Изучение углеводородных систем сложного состава: сб. научн. тр. – М.: ВНИИГАЗ, 2000. – С. 6–11.
2. Рыжов А.Е. Особенности разработки газоконденсатных залежей ачимовских отложений / А.Е. Рыжов, Н.В. Савченко, Е.В. Шеберстов // Газовая промышленность. – 2006. – № 1. – С. 32–33.
3. Островская Т.Д. Особенности фазового состояния пластовой системы и фазовых процессов при разработке залежей / Т.Д. Островская, Г.С. Федорова, М.К. Виноградов и др. // Изучение углеводородных систем сложного состава: сб. научн. тр. – М.: ВНИИГАЗ, 2000. – С. 59–68.