

УДК 622.279.23/4

А.Е. Рыжов, Н.М. Парфенова, Л.С. Косякова, Е.Б. Григорьев, И.М. Шафиев,
М.М. Орман, М.П. Гереш

Газоконденсаты Киринского газоконденсатного месторождения – перспективное сырье для нефтехимии

Освоение месторождений углеводородного сырья Сахалинского шельфа – одна из главных составляющих Восточной газовой программы ОАО «Газпром». Разработка Киринского газоконденсатного месторождения (ГКМ) является для Газпрома первоочередным объектом освоения Сахалинского шельфа и входит в проект «Сахалин-3». 27 сентября 2012 г. ООО «Газфлот» завершило строительство первой эксплуатационной скважины на данном месторождении. Промышленная добыча конденсата запланирована на первое полугодие 2013 г. [1].

В свете вышеизложенного исследование химической природы и направлений рационального использования конденсатов является особенно актуальным и своевременным.

В настоящей работе впервые представлены результаты комплексного физико-химического исследования газоконденсатов Киринского и Южно-Киринского ГКМ, включающие характеристику товарных свойств топливных фракций, а также рекомендации по рациональному использованию флюидов.

Объектами настоящего исследования явились конденсаты из следующих разведочных и поисковых скважин:

- конденсаты из скв. К-1, отобранные с разной глубины (1–3-й объекты разработки) и скв. К-2 (1-й объект) Киринского ГКМ;
- конденсаты из скв. Ю-К-1 (1–3-й объекты разработки) и скв. Ю-К-2 (1–2-й объекты разработки) Южно-Киринского ГКМ.

Все исследования выполнены в соответствии с существующими методиками, ГОСТ и ASTM.

Физико-химическая характеристика конденсатов

Конденсаты Киринского месторождения

Физико-химическая характеристика всех исследованных конденсатов приведена в табл. 1. Конденсаты из скв. К-1 Киринского месторождения (1–3-й объекты разработки) схожи между собой по физико-химическим свойствам и фракционному составу. По величине плотности ($780,2\text{--}786,2\text{ кг/м}^3$) их можно отнести к типу тяжелых конденсатов – содержат твердые парафины в количестве $0,73\text{--}1,05\%$ масс. и смолы силикагелевые – $0,08\text{--}0,10\%$ масс.

Конденсат из скв. К-2 Киринского месторождения (1 объект разработки) по величине плотности ($755,0\text{ кг/м}^3$) и фракционному составу несколько легче конденсатов из скв. К-1. Конденсат выкипает в том же температурном интервале, но в его составе большее количество легких фракций, выкипающих до $100\text{ }^\circ\text{C}$, и меньшее содержание остатка. Сравнительная характеристика фракционных составов конденсатов Киринского месторождения приведена на рис. 1. Несмотря на тот факт, что конденсат из скв. К-1 1-го объекта несколько тяжелее (кривая 1), а конденсат из скв. К-2 несколько легче остальных (кривая 4), кривые фракционных составов конденсатов лежат достаточно близко друг к другу и имеют одинаковый характер.

Конденсаты из скв. К-1 также схожи между собой по групповому углеводородному составу дистиллятной части, выкипающей в интервале НК- $300\text{ }^\circ\text{C}$, которая составляет

Ключевые слова:

газоконденсат, фракционный состав, групповой углеводородный состав, компонентный состав, бензиновые, керосиновые, дизельные фракции, газожидкостная хроматография.

Keywords:

gas condensate, fractional composition, the group's hydrocarbon composition, component composition, gasoline, kerosene, diesel fractions, gas chromatography.

Таблица 1

Физико-химическая характеристика конденсатов Киринского и Южно-Киринского ГКМ

Показатели	Значения											
	№ скв., объект, глубина перфорации, м											
	Киринское месторождение				Южно-Киринское месторождение							
	К-1, 1-й об., 2959–2984	К-1, 2-й об., 2933–2949	К-1, 3-й об., 2882–2903	К-2, 1-й об., 2973–2990	Ю-К-1, 1-й об., 2750–2760	Ю-К-1, 2-й об., 2680–2697	Ю-К-1, 3-й об., 2655–2669	Ю-К-2, 1-й об., 2789–2809	Ю-К-2, 2-й об., 2702–2738			
Плотность при 20 °С, кг/м ³	786,2	780,2	782,5	755,0	743,0	738,8	742,0	748,8	744,1			
Молекулярная масса	127	126	126	115	112	109	110	113	112			
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	1,26	1,08	1,10	0,94	0,875	0,84	0,87	0,97	0,93			
Содержание, % масс.:												
• парафина	1,05	0,73	0,82	0,45	0,20	0,14	0,15	0,26	0,15			
• смол силикагелевых	0,10	0,08	0,09	0,06	0,10	0,09	0,12	0,09	0,08			
Температура помутнения, °С	-15	-17	-17	-22	-32	-33	-33	-29	-32			
Температура застывания, °С	-35	-37	-37	-49	Ниже -60	Ниже -60	Ниже -60	-61	Ниже -60			
Фракционный состав:												
• температура начала кипения, °С	40,2	38,4	41,8	30,6	30,3	29,4	29,5	32,7	29,4			
• 10 % (объемных) перегоняется при температуре, °С	89,4	88,6	91,2	70,7	65,6	63,1	64,5	70,1	64,6			
• 50 %	170,1	150,6	152,7	141,0	135,3	133,3	134,0	139,5	134,4			
• 80 %	276,9	249,2	249,4	244,1	229,8	233,6	239,3	229,7	226,5			
• 85 %	298,2	270,4	270,0	271,7	257,3	266,3	273,4	254,3	254,2			
• 90 %	–	299,2	297,3	–	299,5	320,1	–	288,6	294,8			
• к.к., °С	320,1	320,1	320,0	320,2	320,1	320,1	320,3	300,1	300,5			
• отгон, % объемный	90,2	93,8	92,4	89,6	92,6	91,0	90,6	92,7	92,0			
• остаток, % объемный	5,2	3,7	3,6	2,8	2,4	2,5	3,2	3,6	3,0			
• потери, % объемный	4,0	2,5	4,0	7,6	5,0	6,5	6,2	3,7	5,0			
Групповой углеводородный состав дистиллятной части НК-300 °С, % масс. на конденсат:	НК-300 °С –85,98	НК-300 °С –91,25	НК-300 °С –90,88	НК-300 °С –91,4	НК-300 °С –90,20	НК-300 °С –89,71	НК-300 °С –89,00	НК-300 °С –90,91	НК-300 °С –90,24			
• метановые углеводороды	42,55	43,10	42,22	49,47	52,11	51,29	50,24	50,59	49,52			
• наftenовые углеводороды	20,61	22,32	22,71	24,77	27,48	28,57	30,26	27,42	28,18			
• ароматические углеводороды	22,82	25,83	25,95	17,16	10,61	9,85	8,50	12,9	12,54			

85,98–91,4 % масс. (рис. 2). Эти конденсаты характеризуются высоким содержанием ароматических углеводородов – 22,82–25,95 % масс. Содержание метановых углеводородов составляет 42,22–43,10 % масс., содержание нафтеновых углеводородов – 20,61–22,73 % масс., что позволяет отнести эти конденсаты к

типу метаново-нафтеново-ароматических [2]. Конденсат из скв. К-2 с более высоким содержанием метановых (49,47 % масс.) и нафтеновых углеводородов (24,77 % масс.), чем ароматических (17,16 % масс.), можно отнести к типу метаново-нафтеновых конденсатов.

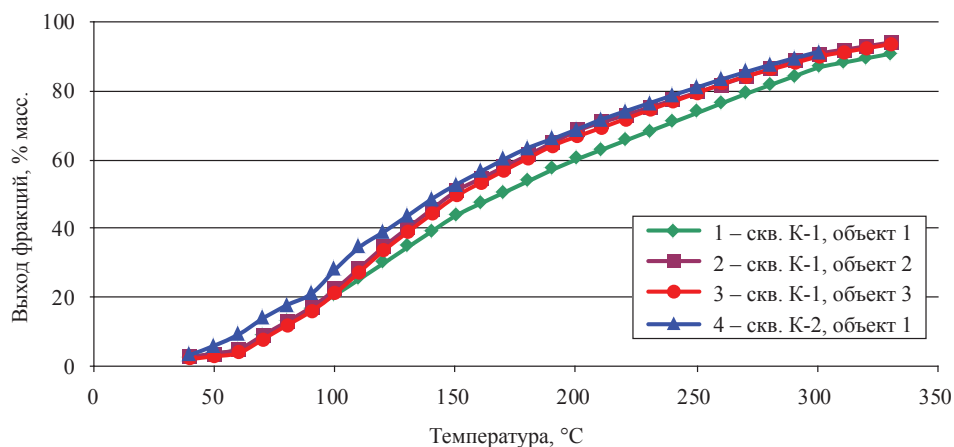


Рис. 1. Фракционный состав конденсатов из скв. К-1 и К-2 (кривые истинных температур кипения – ИТК)

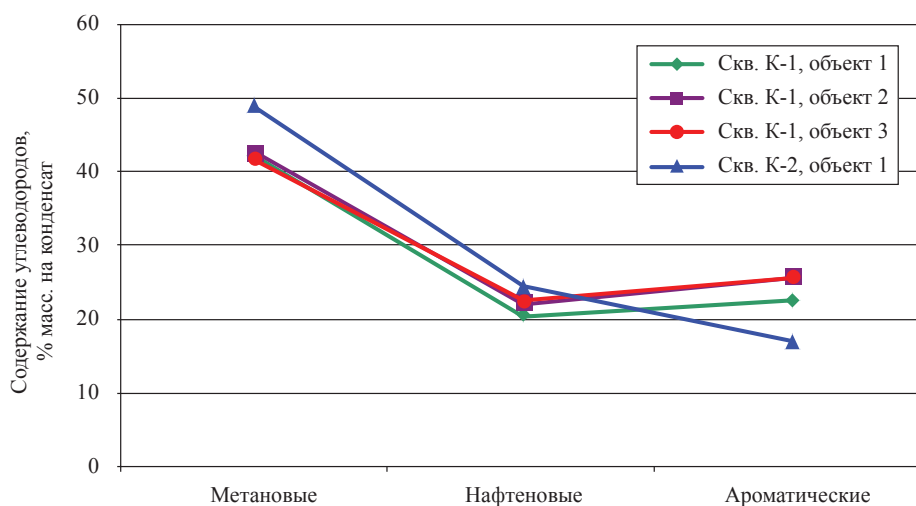


Рис. 2. Групповой углеводородный состав конденсатов из скв. К-1 и К-2 Киринского месторождения

Конденсаты Южно-Киринского месторождения

Конденсаты из скв. Ю-К-1 (1–3-й объекты разработки) и Ю-К-2 (1–2-й объекты разработки) схожи между собой по всем показателям (физико-химическим свойствам, фракционному составу и групповому углеводородному составу) в большей степени, чем конденсаты Киринского месторождения, и в заметной степени отличаются от последних (см. табл. 1).

Плотность конденсатов находится в интервале 738,8–748,8 кг/м³. Содержание твердых парафинов – 0,14–0,26 % масс., смол силикагелевых – 0,08–0,12 % масс. Температуры помутнения (–(29–33) °С) и застывания (ниже –60 °С) конденсатов Южно-Киринского месторождения гораздо ниже, чем у конденсатов Киринского месторождения (–(15–17) и –(35–37) °С, соответственно).

Фракционный состав (кривые ИТК) конденсатов Южно-Киринского месторождения приведен на рис. 3. Кривые фракционных составов располагаются близко друг к другу, обнаруживая сходство на протяжении всего температурного интервала выкипания конденсатов.

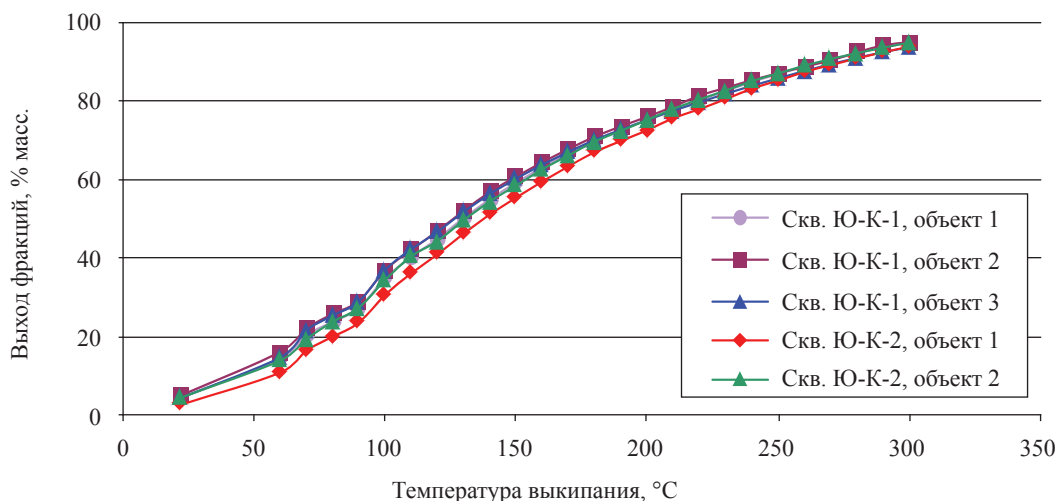


Рис. 3. Фракционный состав конденсатов Южно-Киринского месторождения (кривые ИТК)

Конденсаты схожи также по групповому углеводородному составу дистиллятной части, выкипающей в интервале НК-300 °С, на которую приходится 89,00–90,91 % масс. (рис. 4). Содержание метановых углеводородов составляет 49,52–51,29 % масс. и превышает содержание нафтеновых и ароматических углеводородов. В отличие от конденса-

тов Киринского месторождения в конденсатах Южно-Киринского содержание ароматических углеводородов невысокое – 8,50–12,54 % масс. Нафтеновые углеводороды содержатся в количестве 27,42–30,26 % масс. Конденсаты из скв. Ю-К-1 и Ю-К-2 Южно-Киринского месторождения можно отнести к типу метаново-нафтеновых.

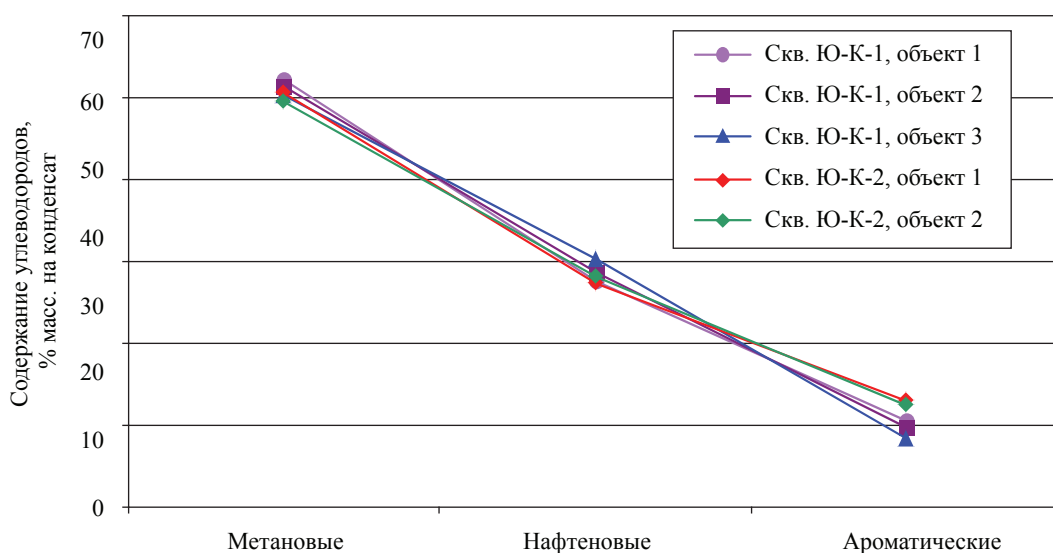


Рис. 4. Групповой углеводородный состав конденсатов из скв. Ю-К-1 и Ю-К-2 Южно-Киринского месторождения

Компонентный состав конденсатов

Исследование компонентного состава конденсатов проводилось методом газожидкостной хроматографии (50-метровая капиллярная колонка с неподвижной фазой CP-Sil 5 CB, пламенно-ионизационный детектор, режим программирования температуры от 35 до 315 °С, пакет прикладных программ Galaxie). Был определен компонентный состав нормальных и изопреноидных алканов, которые являются реликтовыми углеводородами, несущими генетическую информацию о природе органического вещества. Соотношения этих углеводородов являются важнейшими генетическими показателями [3].

Характер молекулярно-массового распределения нормальных алканов показан на примере конденсатов из скв. К-1 Киринского месторождения (рис. 5). Протяженность ряда *n*-алканов составляет 2–29, молекулярно-концентрационный максимум находится в области углеводородов C_6 – C_7 .

Генетические показатели, такие как коэффициент нечетности ($K_{неч} = 1,0$ – $1,07$), отноше-

ния пристан/фитан ($п/ф = 1,85$ – $2,09$), пристан/ n - C_{17} ($0,67$ – $0,62$), фитан/ n - C_{18} ($0,46$ – $0,37$), $K_i = \text{пристан} + \text{фитан}/n$ - $C_{17} + n$ - C_{18} ($0,57$ – $0,62$), для конденсатов из скв. К-1 и К-2 Киринского месторождения достаточно близки, что указывает на единое происхождение этих конденсатов из органического вещества смешанного типа. Конденсаты Южно-Киринского месторождения характеризуются более низкими значениями отношения $п/ф$ ($1,59$ – $1,89$) и более высокими значениями остальных генетических показателей, что также позволяет говорить об их происхождении из органического вещества смешанного типа. Однако в связи с различным содержанием ароматических углеводородов, низким в конденсатах Южно-Киринского месторождения и значительно более высоким в конденсатах Киринского месторождения, можно предположить, что в органическом веществе конденсатов последнего более существенна доля гумусовой составляющей, продуцирующей ароматические углеводороды.

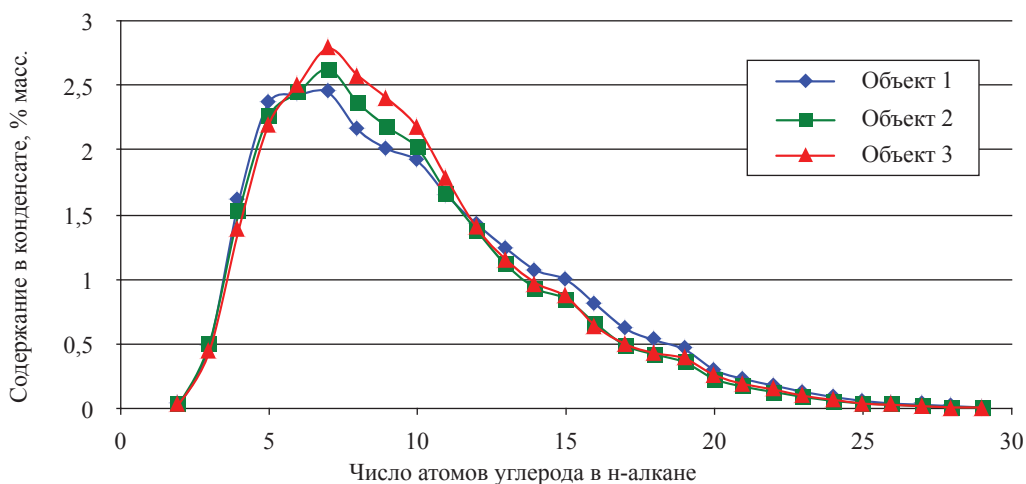


Рис. 5. Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов в конденсатах скв. К-1 Киринского ГКМ

Характеристика топливных фракций

С целью определения рациональных путей переработки конденсатов были исследованы топливные фракции различного предназначения:

- бензиновые фракции – НК-120 °С, НК-180 °С и НК-200 °С;
- керосиновые фракции – 120–230 °С и 120–240 °С;
- фракции дизельного топлива 160–300 °С и 180–300 °С.

Бензиновые фракции

Характеристика бензиновых фракций исследованных конденсатов приведена в табл. 2. Видно, что топливные фракции разного температурного диапазона, полученные из конденсатов Киринского месторождения, обладают хорошими антидетонационными свойствами. Октановые числа этих бензинов довольно высокие для прямогонных бензинов: по моторному методу – 75,8–69,4 пунктов, а по исследова-

тельскому – 73,8–71,3 пунктов. Бензины конденсатов Южно-Киринского месторождения имеют более низкие октановые числа. Все бензины характеризуются хорошими показателями теплоты сгорания. Однако они имеют низкие значения давления насыщенных паров (0,72–1,52 кПа при норме для бензинов 66–93 кПа), вследствие чего не отвечают требованиям ТУ 51-03-1188 на фракцию газоконденсатную бензиновую прямогонную для бензинов газоконденсатных прямогонных. В целом же высокие выходы, благоприятный химический состав и высокий уровень основных эксплуатационных характеристик позволяют рекомендовать эти фракции в качестве основы для получения автомобильных бензинов.

Таблица 2

Характеристика бензиновых фракций конденсатов

Показатели	Фракция НК-120 °С, № скв.				Фракция НК-180 °С, № скв.				Фракция НК-200 °С, № скв.			
	К-1	К-2	Ю-К-1	Ю-К-2	К-1	К-2	Ю-К-1	Ю-К-2	К-1	К-2	Ю-К-1	Ю-К-2
Выход, % масс.	30,8	39,10	40,4	38,22	54,7	63,6	65,5	–	61,2	68,7	70,5	69,68
Плотность при 20 °С, кг/м ³	728,1	711,0	697,6	708,4	751,5	734,8	721,7	–	768,7	739,4	729,8	733,7
Октановое число:												
• моторный метод	75,8	71,9	68,5	69,1	72,7	69,4	63,4	–	71,3	67,6	63,9	64,2
• исследовательский метод	81,3	76,7	71,7	72,7	78,6	73,8	66,4	–	77,3	72,3	66,9	68,1
Давление насыщенных паров, кПа	1,36	1,24	1,52	1,43	0,73	1,03	0,91		0,72	0,85	1,0	0,85
Теплота сгорания, кДж/кг:												
• низшая	43300	43600	44000	43800	43000	43500	43600	–	43000	43400	43700	43500
• высшая	46900	47400	48100	47700	46400	47100	47400	–	46400	46900	47500	47150

Керосиновые фракции

Характеристика керосиновых фракций различного температурного интервала приведена в табл. 3. Керосиновые фракции, выкипающие в интервале температур 120–230 °С, характеризуются высокими выходами и по всем основным показателям кроме значений вязкости соответствуют требованиям ГОСТ 10227-62 на реактивное топливо марки ТС-1. В керосиновой фракции конденсата из скв. К-1 Киринского месторождения превышено содержание ароматических углеводородов, вследствие чего она может быть использована в качестве основы для получения реактивного топлива только после деароматизации.

Таблица 3

Характеристика керосиновых фракций

Показатели	Фракция 120–230 °С, № скв.				Фракция 120–240 °С, № скв.	Фракция 150–250 °С, № скв.	Норма для марок топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227-86)	
	К-1	К-2	Ю-К-1	Ю-К-2	Ю-К-2	Ю-К-1(2)	ТС-1	
							высший сорт ОКП 02 5121 0205	1-й сорт ОКП 02 5121 0204
Выход, % масс.	38,3	37,4	37,6	39,4	40,7	28,40	–	–
Плотность при 20 °С, кг/м ³	794,7	783,8	777,1	778,1	779,6	792,1	По ГОСТ 3900-85 не менее 780 кг/м ³	Не менее 775 кг/м ³
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	1,16	1,12	1,15	1,18	1,23	1,56	Не менее 1,30	Не менее 1,25

Окончание табл. 3

Показатели	Фракция 120–230 °С, № скв.				Фракция 120–240 °С, № скв.	Фракция 150–250 °С, № скв.	Норма для марок топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227-86)	
	К-1	К-2	Ю-К-1	Ю-К-2	Ю-К-2	Ю-К-1(2)	ТС-1	
							высший сорт ОКП 02 5121 0205	1-й сорт ОКП 02 5121 0204
Фракционный состав (по ГОСТ 2177-99):								
• температура начала перегонки, °С	133,2	131,9	132,2	123,1	135,4	158,4	Не выше 150	Не выше 150
• 10 % перегоняется при температуре, °С	145,5	143,2	143,3	144,5	145,9	170,8	Не выше 165	Не выше 165
• 50 %	165,2	160,6	160,5	167,2	165,8	187,4	Не выше 195	Не выше 195
• 90 %	208,5	201,2	202,4	206	213,4	222,0	Не выше 230	Не выше 230
• 98 %	223,1	215,9	220,1	223,1	228,8	238,4	Не выше 250	Не выше 250
• остаток от разгонки, %	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	0,9	Не более 1,5	Не более 1,5
• потери от разгонки, %	0,4	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7	Не более 1,5	Не более 1,5
Массовая доля ароматических углеводородов, %	30,2	21,8	16,1	17,3	17,5	16,1	Не более 22	Не более 22

Керосиновый дистиллят утяжеленного фракционного состава, выкипающий в интервале 150–250 °С, не соответствует нормам по фракционному составу.

Таким образом, из конденсатов Киринского и Южно-Киринского месторождений целесообразно получать в качестве основы для реактивного топлива керосиновые фракции, выкипающие в температурных интервалах 120–230 и 120–240 °С. Для полного соответствия этих фракций требованиям ГОСТ 10227-62 на топлива марки ТС-1 требуется лишь улучшение их вязкостных характеристик.

Фракции дизельного топлива

Характеристика фракций дизельного топлива различных температурных интервалов приведена в табл. 4, из которой следует, что дизельные дистилляты конденсатов

Таблица 4

Характеристика фракций дизельного топлива

Показатели	Фракция 180–300 °С, № скв.			Фракция 160–300 °С, № скв.	Норма для марок дизтоплива (ГОСТ 306-82)	
	К-1	К-2	Ю-К-1	Ю-К-2	Л	З
Выход, % масс.	33,6	27,8	24,75	34,24	–	–
Плотность при 20 °С, кг/м ³	827,0	815,6	812,4	802,9	Не более 860	Не более 840
Плотность при 15 °С, кг/м ³	830,6	817,6	816,8	806,9	–	–
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	2,34	2,33	2,32	2,12	3,0–6,0	1,8–5,0
Фракционный состав:						
• 50 %	235,1	225,8	222,9	207,0	Не более 280	Не более 280
• 95 %	272,4	262,7	271,9	267,8	Не более 360	Не более 340
Температура помутнения, °С, для климатической зоны умеренной	–23	–25	–41	–41	Не выше –5	Не выше –25
Температура застывания, °С, для климатической зоны умеренной	–32	–37	–45	–59	Не выше –10	Не выше –35
Цетановое число, ед. (по расчету, ГОСТ 27768-88)	54	47,5	46,6	45	Не менее 45	Не менее 45

Киринского и Южно-Киринского месторождений, выкипающие в одинаковом температурном интервале 180–300 °С, различаются по некоторым показателям вследствие различного химического состава. Тем не менее, основные показатели качества дизельных дистиллятов конденсатов обоих месторождений, за исключением значений вязкости, соответствуют нормам ГОСТ 306-82 на летнее и зимнее дизельное топливо, вследствие чего их можно рекомендовать в качестве основы для получения дизельного топлива указанных марок.

Анализ результатов комплексного исследования конденсатов Киринского (скв. К-1 и К-2) и Южно-Киринского месторождений (скв. Ю-К-1 и Ю-К-2) с использованием физико-химических и газохроматографических методов показал следующее:

1) конденсаты Киринского месторождения из скв. К-1 (1–3-й объекты разработки) схожи между собой по физико-химическим характеристикам, выкипают в температурном интервале 24–320 °С, по величинам плотности относятся к тяжелым конденсатам, по групповому углеводородному составу – к типу метаново-нафтеново-ароматических конденсатов;

2) конденсат Киринского месторождения из скв. К-2 (1-й объект) несколько легче конденсатов из скв. К-1. Он выкипает в том же температурном интервале, но с меньшим выходом остатка. По величине плотности относится к типу средних конденсатов, по групповому углеводородному составу – к типу метаново-нафтеновых конденсатов;

3) конденсаты Южно-Киринского месторождения из скв. Ю-К-1 (1–3-й объекты разработки) по всем характеристикам схожи меж-

ду собой и относятся к средним (по плотности) конденсатам метаново-нафтенового типа;

4) генетические показатели, выведенные на основании анализа компонентного состава нормальных и изопреноидных алканов, свидетельствуют о едином происхождении исследованных конденсатов из органического вещества смешанного типа;

5) целесообразно осуществлять совместную переработку конденсатов Киринского и Южно-Киринского месторождений, поскольку конденсаты выкипают в одном температурном интервале, а усреднение химического состава будет способствовать улучшению качества конденсатов;

6) бензиновые, керосиновые и дизельные дистилляты конденсатов характеризуются высокими выходами, благоприятным химическим составом и высоким уровнем основных эксплуатационных характеристик, вследствие чего эти фракции могут быть использованы в качестве основы для получения соответствующих топлив;

7) результаты исследования позволяют рекомендовать два варианта переработки конденсатов Киринского месторождения:

- топливный – использование бензиновых, керосиновых и дизельных фракций конденсатов из всех изученных скважин в качестве основы в процессах получения топлив различных марок;

- нефтехимический – производство ценного ароматического сырья для нефтехимии – бензола, толуола, ксилолов, поскольку содержание их в конденсатах из скв. К-1 и К-2 высокое: бензола – 2–3 % масс., толуола – 6–7 % масс., ксилолов – 4–5 % масс.

Список литературы

1. Газпром начал строительство эксплуатационных скважин на Киринском // Oil&Gas J.Russia. – 2012. – № 8. – С. 11.
2. Старобинец И.С. Геолого-геохимические особенности газоконденсатов / И.С. Старобинец. – Л.: Недра, 1974. – 150 с.
3. Чахмахчев В.А. Геохимия процесса миграции углеводородных систем / В.А. Чахмахчев. – М.: Недра, 1983.