

УДК 553.98

НЕФТЕМАТЕРИНСКИЕ СВОЙСТВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ  
НА САЛЫМСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ГАЛИМОВ Э. М., ЛОПАТИН Н. В., ЭСПИТАЛЬЕ Ж.

В пределах баженовской свиты на изученном участке Салымской площади выделяются три интервала, отличающиеся содержанием органического вещества. Корреляция между содержанием органического вещества и концентрацией свободных углеводородов доказывает в целом автохтонный характер углеводородов в баженовской свите. Литологические особенности баженовской свиты и наличие плохо проницаемых перекрывающих отложений препятствовали интенсивной эмиграции углеводородов из нефтематеринских пород и обусловили формирование продуктивных участков в пределах самой баженовской свиты. На Салымской площади наблюдается такое состояние нефтематеринской породы, которое отвечает стадии, непосредственно предшествующей отдаче нефти в пласт-коллектор.

Примененный прием исследования множества проб в пределах одного образца позволяет оценить локальную неоднородность нефтематеринской породы. Размер вариаций, возникающих по этой причине, определяет репрезентативность измеряемых пиролитических параметров и зависит до известной степени от динамики высвобождения углеводородов в процессе созревания органического вещества.

В современной стратегии нефтепоисковых работ выявление и анализ свойств нефтематеринских пород занимают центральное место.

Баженовская свита волжско-раннеберриасского возраста ( $J_3v-K_1b$ ) Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна имеет свойства, типичные для нефтематеринских пород [1—3]. Это углеродисто-кремнисто-глинистая толща, богатая органическим веществом. Содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) достигает иногда 50% (обычно 5—10%). Мощность толщи в среднем ~30 м. Баженовская свита распространена на огромной территории, превышающей 1,2 млн. км<sup>2</sup>.

Вопрос о нефтепроизводящей роли баженовской свиты в пределах Западно-Сибирского осадочного бассейна остается предметом дискуссии в литературе. Предпринятые нами в последнее время исследования, основанные на изучении изотопного состава фракций нефти и битумида, позволяют предполагать, что баженовская свита могла быть источником нефти для высокопродуктивного мелового разреза Широкого Приобья [4].

Богатые органическим веществом породы даже в тех случаях, когда мощность их сравнительно невелика, по-видимому, могут играть выдающуюся роль в формировании крупных нефтеносных регионов. При высоком содержании органического вещества образование сплошной углеводородной фазы в нефтематеринской породе, вероятно, существенно увеличивает эффективность первичной миграции нефти из материнской породы и последующей аккумуляции ее в залежь [5].

В разных районах мира имеются отложения, близкие по своей литофациальной характеристике отложениям баженовской свиты, например «черные сланцы» свит баккен ( $D_3-C_1$ ) и миннелуза ( $C_3$ ) бассейнов Уиллстонского и Паудер Ривер, бумажные сланцы тоара Парижского бассейна, кимериджские черные глины бассейна Северного моря, среднемиоценовые отложения свиты Монтерей и др.

В качестве одного из эффективных методов изучения органического вещества пород, в частности его нефтегенерационных свойств, зарекомендовал себя метод пиролитической хроматографии, разработанный во Французском институте нефти (IFP) одним из авторов настоящей статьи [6]. Представляло интерес применить этот метод к исследованию органического вещества баженовской свиты, в данном случае к

изучению однородности распределения органического вещества и вариаций его нефтегенерационных свойств в пределах разреза толщи. Кроме того, рассматривались пиролитические показатели возможной нефтеносности разреза.

С этой целью был произведен весьма плотный отбор проб породы по баженовской части разреза скв. № 312 Салымской площади и в IFR выполнен их пиролитический анализ.

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Салымская площадь расположена в центральной части Западно-Сибирского бассейна, на юго-западе Широтного Приобья (рис. 1). Отложения баженовской свиты залегают здесь на глубине 2850—3000 м, а их мощность достигает максимальных для Западной Сибири значений в районе Салымского свода — 40—45 м.

Исследованный разрез представлен слоистыми и массивными глинами гидрослюдисто-смешанослойной ассоциации минералов с примесью каолинита [7]. В минералогическом составе на долю глинистых минералов приходится 36, карбонатных — 11,5, кремнистых — 26, органического вещества — 14 мас. % [3].

В мацеральном составе керогена свиты преобладает вещество, по-видимому, альгинитовой природы, но доля аквагумусовых компонентов

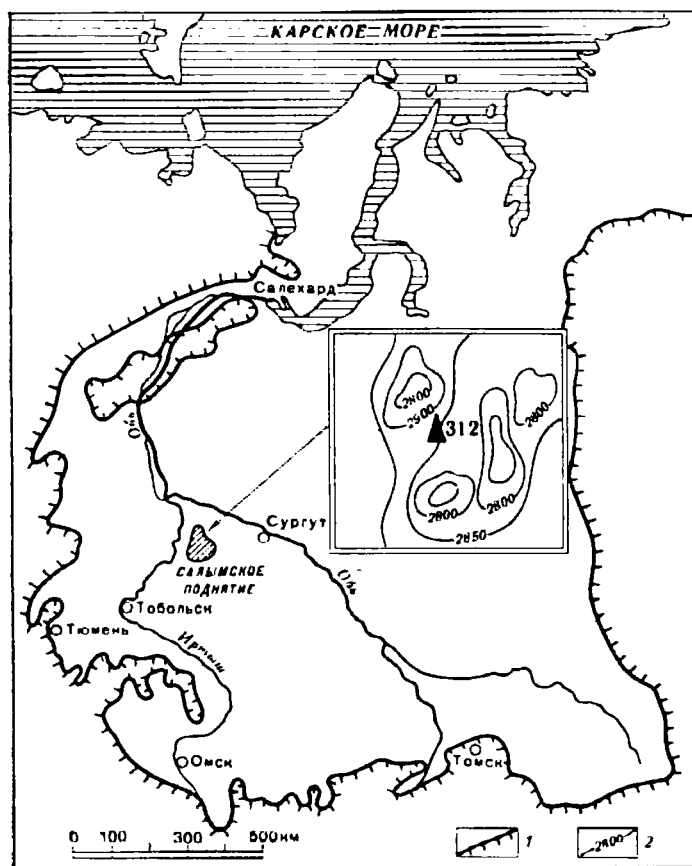


Рис. 1. Местоположение Салымской площади и скв. № 312 на территории Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна

1 — область распространения отложений баженовской свиты;  
2 — изогипсы схематической структурной карты Салымской площади по кровле баженовской свиты

также значительна. Уровень катагенетической зрелости органического вещества свиты, определенный главным образом по параметрам отражения витринита угольных включений в подстилающих отложениях средней юры, изменяется в диапазоне 0,75—1,10 (градации МК<sub>2</sub>—МК<sub>3</sub>).

Особенностью отложений баженовской свиты в пределах Салымской площади является то, что эти богатые органическим веществом породы не только служат нефтематеринскими, но одновременно являются коллекторами. Встреченные здесь залежи нефти не контролируются структурным планом, не связаны с зонами повышенной трещиноватости или разломов, не имеют краевых и подошвенных вод, отличаются аномальными пластовыми давлениями [3]. Нефти — различного состава, но преобладают легкие и средней плотности, малосернистые, с высоким содержанием алканов.

#### МЕТОДИКА

Исследования проводили на пиролизаторе «Rock-Eval II», включающем пиролитическую ячейку, хроматограф, регистрирующее устройство и микропроцессор, обеспечивающий полностью автоматизированный аналитический цикл [8]. Образцы керна массой 70—100 мг в течение 20 мин подвергали программированному нагреву в инертной атмосфере.

В течение первых 3—4 минут прогрева высвобождаются свободные и сорбированные жидкие углеводороды (УВ). Они характеризуются интегральным пиком  $S_1$  на пирограмме. Последующий нагрев до 550°С со скоростью 25 град/мин приводит к термокрекингу керогена и выходу продукта в виде пика  $S_2$  на пирограмме. Величина отражает потенциальную способность органического вещества генерировать углеводороды.

В процессе термокрекинга фиксируется температура, при которой имеет место максимальный выход продукта ( $T_{max}$ ). Величина  $T_{max}$  возрастает по мере увеличения степени превращенности органического вещества. Она коррелирует с показателями отражающей способности витринита ( $R^o$ ).

Помимо параметров  $S_1$  и  $S_2$  регистрируется выход  $CO_2$  при нагреве до 390°С. Этот параметр ( $S_3$ ) отражает обилие гетероатомов в органическом веществе. Величины  $S_2$  и  $S_3$  совокупно характеризуют тип органического вещества. Приведенные их значения  $S_2/C_{орг}$  и  $S_3/C_{орг}$  называют соответственно водородным (HI) и кислородным (OI) индексами и используют для идентификации характера исследуемого органического вещества на эволюционных диаграммах типа диаграммы Ван-Кревелена.

На том же инструменте определяется содержание органического углерода. Воспроизводимость результатов пиролиза составляет для  $S_1 \pm 10$ , для  $S_2 \pm 15\%$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Пиролитические параметры органического вещества баженовской свиты были определены в 45 образцах керна, отобранных по разрезу отложений свиты, вскрытых скв. 312 в интервале от 2884,4 до 2927,5 м. Результаты представлены в табл. 1.

Кроме того, с целью изучения локальных вариаций свойств органического вещества в двух случаях был произведен анализ множества проб в одном и том же керне. Один образец размером 4×4×7 см был отобран с глубины 2886,3 м, т. е. в прикровельной части исследованного пласта. В пределах этого образца было проанализировано 20 проб. Другой образец такого же размера был взят из подошвенной части баженовского горизонта, с глубины 2926,3 м. В этом образце было отобрано и проанализировано 17 отдельных проб. Результаты представлены в табл. 2 и 3.

Данные пиролиза керн баженовской свиты скв. № 312 Салымской площади

Глубина, м	$T_{\max}$ , °C	$S_1$	$S_2$	$S_3$ кг $CO_2$ /т породы	ОП	$C_{орг}$ мас. %	$S_2/C_{орг}$ кг УВ/т $C_{орг}$
		кг УВ/т породы					
2884,60	461	3,44	2,40	0,29	0,59	2,49	96
2884,80	374	2,54	2,25	0,36	0,53	1,99	113
2885,40	385	3,60	0,88	0,65	0,80	1,79	49
2886,0	462	2,28	2,21	0,90	0,51	2,37	93
2886,30	461	4,00	4,60	0,81	0,47	3,61	127
2886,60	460	3,78	3,09	1,89	0,55	3,79	81
2886,90	458	3,99	3,91	0,83	0,51	2,86	136
2887,0	460	3,51	3,49	1,31	0,50	2,76	126
2887,80	454	3,91	4,42	1,20	0,47	5,96	74
2888,10	458	4,26	6,21	1,47	0,41	7,64	81
2888,40	451	0,37	0,37	0,70	0,50	0,72	51
2889,15	350	3,65	1,56	0,72	0,70	1,98	78
2889,45	448	0,39	0,21	0,66	0,65	0,68	30
2889,90	459	0,67	0,84	0,73	0,45	1,17	71
2890,20	454	3,40	4,18	1,00	0,45	6,13	68
2890,80	455	4,56	4,35	0,89	0,51	3,02	144
2891,31	407	0,37	0,39	0,41	0,49	0,62	62
2891,85	413	2,13	2,71	0,26	0,55	1,39	123
2892,15	407	2,07	1,40	0,37	0,60	1,33	105
2892,45	454	0,36	0,39	0,23	0,49	0,59	66
2893,20	459	0,41	0,37	0,32	0,53	0,58	63
2893,74	461	1,93	1,60	0,30	0,55	1,47	108
2894,10	407	1,58	1,23	0,28	0,56	1,14	107
2894,40	366	2,60	1,21	0,35	0,68	1,12	108
2894,70	456	1,89	1,35	0,45	0,58	1,38	97
2895,0	462	3,60	5,08	1,14	0,41	6,08	83
2897,60	462	6,08	5,27	1,48	0,54	6,42	82
2898,35	461	6,45	7,33	0,49	0,47	6,14	119
2899,10	461	5,84	5,42	2,10	0,52	6,77	80
2901,10	463	6,38	6,31	1,68	0,50	6,11	103
2904,0	457	7,04	6,59	1,57	0,52	7,24	91
2906,50	452	5,88	4,96	1,44	0,54	6,44	77
2821,90	463	3,93	4,90	0,93	0,45	5,10	96
2914,30	463	7,40	8,62	0,62	0,46	9,61	89
2916,50	455	5,97	6,23	1,25	0,49	9,52	65
2918,50	448	7,98	8,26	0,80	0,49	9,70	85
2923,80	464	4,98	6,03	0,88	0,45	5,79	104
2924,56	464	7,29	7,70	1,75	0,49	6,80	113
2925,02	450	8,05	6,35	0,79	0,56	5,28	120
2925,28	449	7,14	6,23	1,50	0,53	6,64	93
2925,80	448	6,38	3,09	1,44	0,67	4,04	76
2926,06	385	7,51	3,87	1,27	0,66	3,16	122
2926,58	384	5,22	3,68	0,95	0,59	2,64	139
2926,84	448	5,64	2,92	1,32	0,66	3,83	76
2927,49	465	5,85	5,54	1,48	0,51	3,86	143

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, показывает, что концентрация органического вещества неодинакова в разных интервалах исследованного разреза баженовской свиты. Она изменяется от 0,58 до 9,7%. Можно выделить три интервала, различающихся содержанием органического вещества. Верхние 3,5 м, примыкающие к кровле (глубины от 2884,6 до 2888,1 м), имеют среднее значение  $C_{орг} = 3,52 \pm 1,78\%$  ( $n=10$ ). Затем следует интервал (от 2888,40 до 2894,70 м), где содержания органического вещества умеренные: средняя величина  $C_{орг} = 1,55 \pm 1,41\%$  ( $n=15$ ). Основная 30-метровая часть разреза (от 2895,0 до 2927,49 м) отличается достаточно высоким содержанием органического вещества: средняя величина  $C_{орг} = 6,16 \pm 2,00\%$  ( $n=20$ ).

Свободные углеводороды, содержание которых в породе характеризуется величиной параметра  $S_i$ , также обнаруживают неравномерное распределение по разрезу баженовской свиты, причем величина  $S_1$  кор-

Таблица 2

Пиролитические характеристики проб из разных частей образца № 146  
баженовской свиты с глубины 2886,3 м (скв. 312)

$T_{\max}$ , °C	$S_1$	$S_2$	$S_3$ , кг CO <sub>2</sub> /т породы	ОП	$C_{\text{орг}}$ , мас. %	$S_2/C_{\text{орг}}$ , кг УВ/т $C_{\text{орг}}$
	кг УВ/т породы					
460	4,28	5,07	0,95	0,46	3,44	147
458	4,57	4,32	1,03	0,51	3,18	137
457	4,06	4,77	1,90	0,46	2,90	164
455	4,15	4,26	1,83	0,49	3,07	138
461	4,34	5,68	1,12	0,43	3,54	160
459	4,31	4,67	1,62	0,48	3,03	154
458	4,39	4,30	2,25	0,51	3,01	142
461	4,07	4,73	2,39	0,46	3,15	150
460	4,19	4,83	1,22	0,46	3,16	152
459	4,47	5,20	1,39	0,46	3,52	147
465	4,05	4,75	1,65	0,46	2,93	162
457	4,42	4,33	2,22	0,51	2,99	144
457	4,44	4,68	1,97	0,49	2,93	159
460	4,36	4,52	1,07	0,49	2,92	154
460	4,22	4,39	1,15	0,49	3,00	146
458	4,31	4,64	2,42	0,48	3,00	154
461	4,10	4,01	1,30	0,51	2,77	144
458	4,50	4,38	1,00	0,51	2,93	149
457	4,34	4,22	1,22	0,51	3,03	139
457	4,63	4,44	1,30	0,51	2,96	150

Таблица 3

Пиролитические характеристики проб из разных частей образца № 185  
баженовской свиты с глубины 2926,3 м (скв. 312)

$T_{\max}$ , °C	$S_1$	$S_2$	$S_3$ , кг CO <sub>2</sub> /т породы	ОП	$C_{\text{орг}}$ , мас. %	$S_2/C_{\text{орг}}$ , кг УВ/т $C_{\text{орг}}$
	кг УВ/т породы					
447	7,15	3,15	0,78	0,69	3,77	83
453	6,07	3,34	1,50	0,65	3,59	93
443	6,28	3,08	0,87	0,67	4,35	70
452	7,51	3,45	1,65	0,69	3,35	102
454	6,38	3,01	1,27	0,68	3,67	82
453	7,04	3,08	0,89	0,70	4,02	76
455	7,62	3,46	1,00	0,69	3,27	105
450	5,63	2,52	1,44	0,69	3,61	69
458	8,01	3,47	0,80	0,70	3,32	104
451	6,68	3,27	0,88	0,67	3,86	84
458	7,52	3,75	0,97	0,67	3,32	112
452	6,23	2,86	1,20	0,69	3,67	77
407	7,82	3,96	1,17	0,66	3,25	121
445	8,00	3,56	0,89	0,69	4,05	87

релирует с концентрацией органического вещества. В прикровельной части свиты величина  $S_1$  составляет  $3,53 \pm 0,64$  кг/т породы ( $n=10$ ); в интервале от 2888,40 до 2894,70 м  $S_1=1,75 \pm 1,35$  кг/т породы ( $n=15$ ), а в основной части разреза  $S_1=6,23 \pm 1,20$  кг/т породы ( $n=20$ ).

Столь отчетливое соответствие между содержанием органического вещества и концентрацией свободных углеводов в породе приводит к выводу о том, что углеводороды имеют автохтонный характер и существенной миграции углеводородов даже в пределах самой нефтематеринской породы не произошло.

С другой стороны, характерные для исследованного разреза величины  $T_{\max}$  (450—465°С) свидетельствуют о достаточно высокой степени превращенности органического вещества. Величины  $T_{\max}$  соответствуют коэффициентам отражательной способности витринита ( $R^0$ ) в интервале 0,9—1,1% [9], т. е. той стадии зрелости органического вещества, когда оно обычно проходит пик нефтеобразования.

Рис. 2. Область значений  $(S_1+S_2)/C_{орг}$  и  $S_2/C_{орг}$ , характеризующих баженовскую свиту в скв. 312 (выделено штриховкой)

Радиус заштрихованной окружности отвечает среднеквадратичному отклонению упомянутых величин для отдельных образцов от средних значений для пласта в целом

Рис. 3. Интервалы испытаний и величины полученных притоков в скв. 312. В колонке указаны средние величины  $C_{орг}$  (%) для трех выделенных интервалов разреза

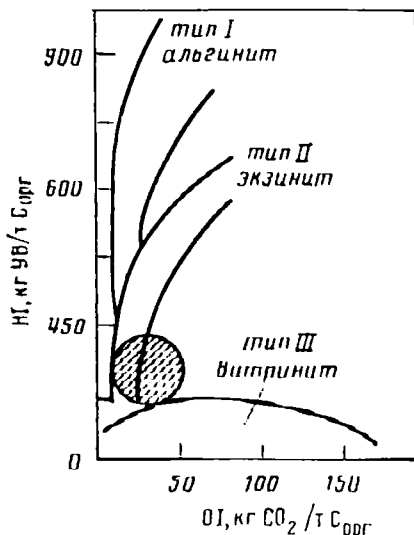


Рис. 2

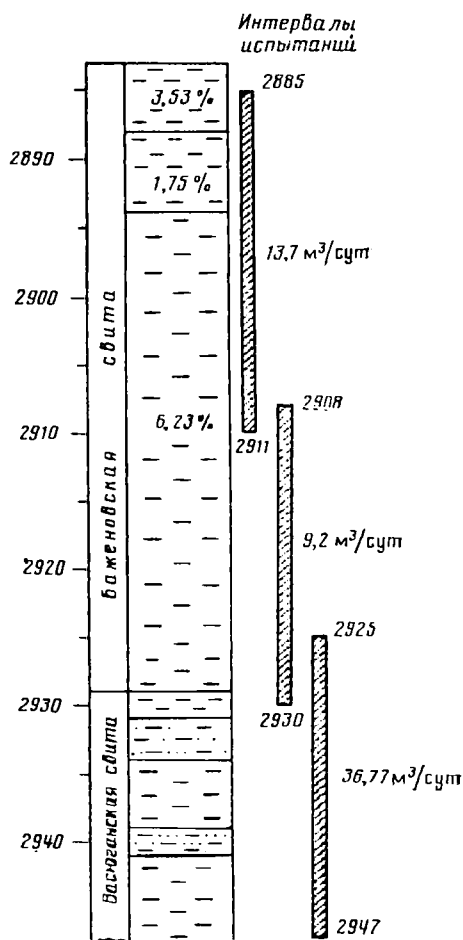


Рис. 3

Как известно, при достижении определенного уровня зрелости органического вещества накопление флюида в нефтематеринской породе приводит к возникновению высокого внутреннего давления и, как следствие этого, — к формированию флюидоразрывов и эмиграции нефти из материнской породы. Однако в данном случае свойства разреза таковы, что образовавшиеся углеводороды могли остаться в нефтематеринской породе. Во-первых, баженовская свита в районе Салымского свода перекрыта флюндоупорными глинистыми породами ачимовского и георгиевского горизонтов, препятствующими перетоку нефти из баженовской свиты в коллектора. Во-вторых, баженовская свита на Салымской площади частично сложена листоватыми тонкоплитчатыми глинами, в которых под давлением генерированной нефти могут возникнуть полости, т. е. формироваться внутренняя емкость-коллектор в пределах самого нефтематеринского пласта, как это описывалось И. И. Нестеровым [3]. Подобный коллектор, совмещенный с нефтематеринской породой, не имеет жесткого минерального скелета, и при добыче нефти наблюдается его оседание.

Таким образом, литологические особенности баженовской свиты и наличие малопроницаемых перекрывающих отложений в принципе могут объяснить отсутствие эмиграции углеводородов из баженовских отложений, несмотря на высокую степень зрелости органического вещества. Однако из других фактов следует, что миграция все же имела место. Если углеводороды вообще не мигрировали из нефтематеринской породы, то сумма измеренных величин свободных ( $S_1$ ) и потенциальных углеводородов ( $S_2$ ) должна характеризовать полный нефтегенера-

ционный потенциал баженовской свиты на Салымской площади. Расчет показывает, что в большинстве случаев эта величина заключена в пределах 150—250 кг УВ/т  $C_{орг}$ . Средняя величина для изученного разреза составляет  $208 \pm 65$  кг УВ/т  $C_{орг}$ .

На диаграмме Ван-Кревелена область, отвечающая веществу с соответствующими характеристиками, располагается в нижней части ветвей эволюционных кривых (рис. 2), т. е. характеризует вещество, образованное и утратившее частично углеводородный потенциал. Это наводит на мысль, что исследованные отложения уже являлись в прошлом источником углеводородов, которые покинули нефтематеринскую породу в ходе предшествующих актов или акта миграции. Указанием на имевшую место миграцию нефти из баженовской свиты являются результаты испытаний скважины № 312 на приток нефти.

На рис. 3 показаны интервалы испытаний и величины полученных притоков. Обращает на себя внимание следующее. Из интервала 2908—2930 м, который характеризуется высоким содержанием свободных углеводородов ( $S_1 = 6,23$  кг УВ/т породы), получен относительно низкий приток нефти (9,2 м<sup>3</sup>/сут). Это меньше, чем приток из верхней части разреза баженовской свиты (2885—2811 м), которая характеризуется меньшими величинами концентраций свободных углеводородов. Максимальный приток (36,77 м<sup>3</sup>/сут) был получен при испытании интервала 2925—2947 м, охватывающего подошвенную часть разреза баженовской свиты и разрез подстилающих ее отложений васюганской свиты. Последняя наряду с глинистыми породами содержит отдельные пласты алевролитов, которые, очевидно, приняли нефть, поступившую из выше-залегающей баженовской свиты.

При этих обстоятельствах существование упомянутой корреляции между содержанием углеводородов и концентрацией органического вещества свидетельствует о том, что присутствующие в настоящее время в отложениях баженовской свиты свободные углеводороды накопились в основном уже после последнего акта эмиграции углеводородов из нее.

По-видимому, на Салымской площади мы наблюдаем такое состояние нефтематеринской породы, которое отвечает стадии, непосредственно предшествующей отдаче нефти в поровопроницаемые коллекторы. При ближайшем возникновении благоприятных условий, например в результате сейсмостектонических движений, нефть, вероятно, снова может эмигрировать из подобного нефтематеринского резервуара. Из этого следует, что мы имеем в данном случае пример многоактного процесса разгрузки нефтематеринской породы.

Как уже отмечалось, особенность баженовской свиты на Салымской площади состоит в том, что она не только является нефтематеринской, но и служит объектом нефтедобычи. Выявление продуктивных горизонтов в пределах баженовских отложений представляет практический интерес.

На рис. 4 и 5 показаны пиролитические характеристики органического вещества по разрезу скважины 312. Случаи, когда  $S_1/(S_1 + S_2) \geq 0,5$ , обычно рассматривают как указание на эпигенетический, аллохтонный характер свободных углеводородов [10]. В изученном разрезе упомянутое соотношение, которое иногда называют индексом продуктивности (ОП), превосходит 0,5 в нескольких интервалах разреза. Получение реальных притоков нефти из баженовских отложений в результате испытаний доказывает эффективность использования пиролитических параметров для прогноза продуктивных горизонтов.

Интересно, что пирогаммы образцов из продуктивных и непродуктивных интервалов разреза несколько отличаются по форме (рис. 6). Пирогамма продуктивной нефтеносной глины отличается двухвершинной формой пика, характеризующего выход  $S_2$ .

Образцы, содержащие углеводороды в относительно высокой концентрации (большие значения  $S_1$ ), часто дают аномально низкие значения  $T_{max}$ . Эта особенность уже отмечалась ранее для пирогамм нефтеносных песчаников и алевролитов [11]. Подобный эффект наблюдается

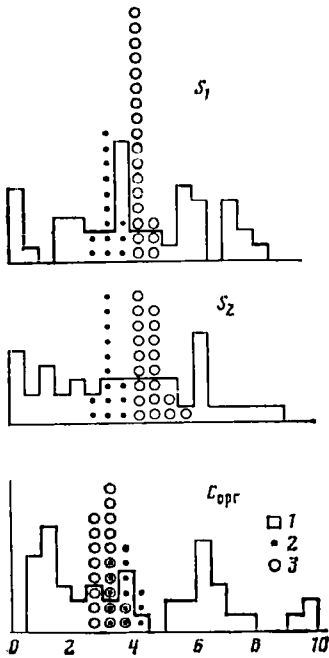


Рис. 4

Рис. 4. Гистограмма распределения значений пиролизических параметров органического вещества в исследованных образцах пород баженовской свиты:  $S_1$  (а),  $S_2$  (б),  $C_{орг}$  (в)

1 — образцы пород по разрезу скв. 312;  
 2 — пробы из разных частей образца 146 из приквельного интервала (2886,3 м);  
 3 — пробы из разных частей образца 185 из приподошвенного интервала разреза (2927,5 м)

Рис. 5. Изменение пиролизических параметров органического вещества по разрезу баженовских отложений скв. 312

1 — предполагаемые продуктивные интервалы разреза

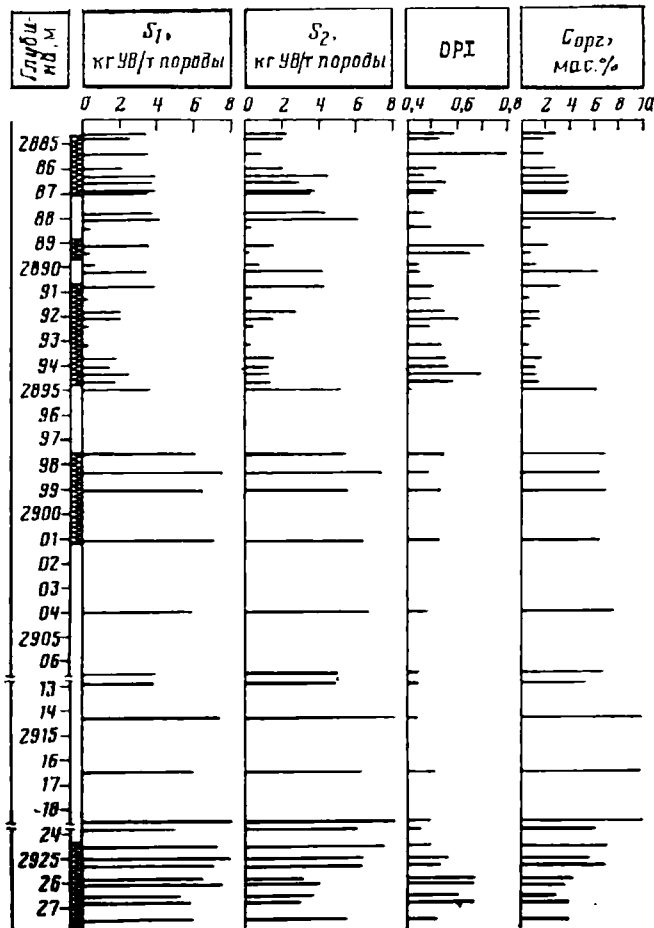


Рис. 5



дажежит нефтеносный

Непродуктивная  
глина

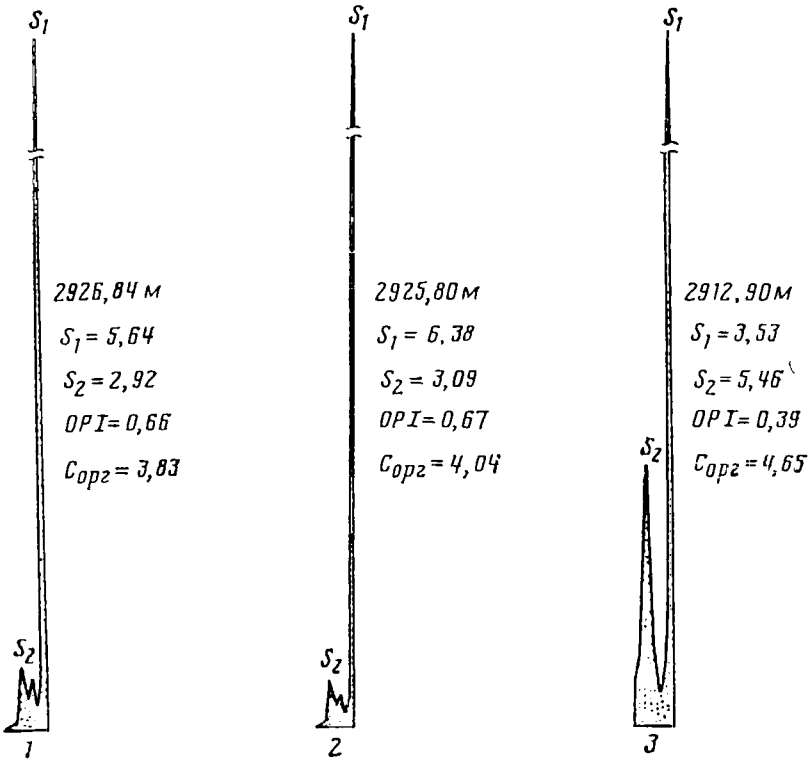


Рис. 6

Рис. 6. Пирограмма образцов пород баженовской свиты в скв. 312

1, 2 — из продуктивного интервала, 3 — из непродуктивного интервала. Образец 1: интервал разреза 2926,84 м,  $S_1=5,64$ ,  $S_2=2,92$ , OPI=0,66,  $C_{орг}=3,83$  мас.%. Образец 2: 2925,80 м,  $S_1=6,38$ ,  $S_2=3,09$ , OPI=0,67,  $C_{орг}=4,04$  мас.%. Образец 3: 2912,90 м,  $S_1=3,53$ ,  $S_2=5,46$ , OPI=0,39,  $C_{орг}=4,65$

Рис. 7. Сопоставление приведенного содержания свободных углеводородов (нормированного по содержанию органического вещества) с величиной  $T_{max}$

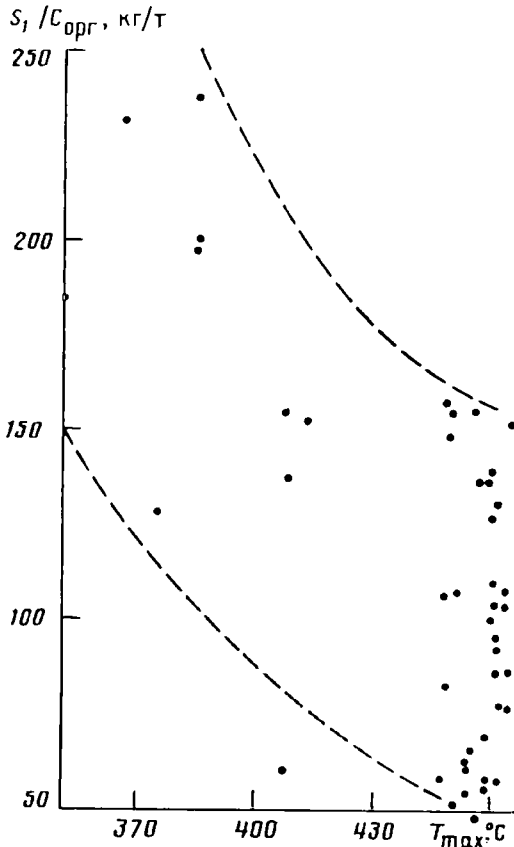


Рис. 7

и в продуктивных участках баженовских отложений (рис. 7). Весьма вероятно, что в этих случаях максимальный выход  $S_2$  связан не с деструкцией керогена, а с разложением асфальто-смолистых компонентов нефти.

Таким образом, продуктивные слои характеризуются сочетанием ряда особенностей регистрируемых пиролитических параметров.

В настоящей работе помимо исследования образцов по разрезу скважины были, как отмечалось, подвергнуты детальному анализу два образца породы. Один был отобран из прикровельной части разреза (глубина 2886,3 м, обр. № 146), другой — из приподошвенной (глубина 2927,5 м, обр. № 185). В каждом из них был произведен анализ около 20 проб из разных частей. Это дало возможность получить представление о локальной неоднородности органического вещества и вариациях соответствующих пиролитических характеристик. Понятно, что величина этих вариаций определяет репрезентативность измеряемых пиролитических параметров. Кроме того, характер этих вариаций, возможно, отражает в известной степени динамику высвобождения углеводородов в процессе созревания органического вещества.

Из анализа данных, приведенных в табл. 2 и 3, следует, что пиролитические параметры могут существенно варьировать в пределах даже небольшого объема породы. Так, в образце 185 величина  $S_1$  варьирует от 5,63 до 8,01 кг УВ/т породы, что сопоставимо с диапазоном вариаций той же величины в разных образцах, отобранных по всему разрезу нижней части баженовской свиты в интервале 2895,0—2927,49 м (от 5,22 до 8,05 кг УВ/т породы).

Малая навеска исследуемой пробы является сильной стороной пиролитического метода. Однако единичная проба может оказаться во многих случаях непредставительной для характеристики данного интервала разреза. С другой стороны, можно попытаться полезно использовать вариации пиролитических параметров в пределах образца.

В любой пробе, подвергаемой пиролитическому анализу, величина  $S_1$ , определяющая содержание свободных углеводородов в породе, складывается из двух составляющих. Первую представляют углеводороды, генерированные в данном микрообъеме, но продолжающие пребывать в исходном органическом веществе в сорбированном состоянии. Другую часть составляют свободные углеводороды, высвобожденные из органического вещества (не локализованные на нем). В принципе сюда относятся и эпигенетические углеводороды, т. е. углеводороды, поступившие в данный объем извне.

Следовательно, в любом элементарном объеме

$$S_{1(i)} = A_{(i)} + \alpha_{(i)} C_{\text{орг}(i)},$$

где первый член в правой части определяет содержание углеводородов, свободно распределенных в объеме (углеводородный фон), а второй член — содержание сорбированных углеводородов в органическом веществе, где  $\alpha_i$  — коэффициент пропорциональности.

Величины  $A$  и  $\alpha$  будут одинаковы в разных пробах, если свободные углеводороды распределены равномерно по образцу, а тип и степень превращенности органического вещества во всех частях образца одинаковы, тогда для  $n$  уравнений типа

$$S_{1(i)} = A + \alpha C_{\text{орг}(i)}$$

можно найти уравнение регрессии и определить соотношение свободных и сорбированных углеводородов.

Казалось бы, для небольшого образца породы объемом в несколько кубических сантиметров упомянутые условия должны в той или иной степени выполняться. Однако расчет с использованием данных, приведенных в табл. 2 и 3, показал, что значимая корреляция  $S_1$  и  $C_{\text{орг}}$  в выбранных образцах породы отсутствует.

Отсюда следует, что либо образцы породы даже в небольшом объеме проявляют существенную гетерогенность в отношении распределения углеводородов и качества органического вещества, либо погрешность определения пиролитических параметров сопоставима с диапазоном их естественных вариаций в пределах образца. Однако мы полагаем, что при определенных условиях примененный здесь подход может оказаться эффективным.

#### ВЫВОДЫ

1. В пределах баженовской свиты на изученном участке Салымской площади (скв. 312) выделяются три интервала, отличающиеся содержанием органического вещества. При этом существует корреляция между содержанием органического вещества и концентрацией свободных углеводородов, что доказывает в целом автохтонный характер углеводородов в баженовской свите.

2. Литологические особенности баженовской свиты и наличие плохо проницаемых перекрывающих отложений препятствовали интенсивной эмиграции углеводородов из нефтематеринских пород и обусловили формирование продуктивных участков в пределах самой баженовской свиты. На Салымской площади мы наблюдаем такое состояние нефтематеринской породы, которое отвечает стадии, непосредственно предшествующей отдаче нефти в пласт-коллектор.

3. На исследованном участке имела место частичная разгрузка углеводородов в отложения, непосредственно подстилающие баженовскую свиту. Это, в частности, дает пример прерывистого, многоактного характера процесса эмиграции углеводородов из нефтематеринской породы.

4. Примененный прием исследования множества проб в пределах одного образца позволяет оценить локальную неоднородность нефтематеринской породы. Размер вариаций, возникающих по этой причине, определяет репрезентативность измеряемых пиролитических параметров и, вероятно, зависит до известной степени от динамики высвобождения углеводородов в процессе созревания органического вещества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гурари Ф. Г.//Геология и геофизика. 1986. № 2. С. 57.
2. Конторович А. Э., Сурков В. С., Нестеров И. И. и др.//Месторождения нефти и газа. (Докл. сов. геологов на 27-м Междунар. геол. конгрессе). М.: Наука, 1984.
3. Нестеров И. И.//Строение и нефтегазоносность баженинов Западной Сибири. Тюмень: Изд. ЗапСибНИГНИ, 1985. С. 3.
4. Галимов Э. М., Конова Н. И., Лопатин Н. В.//Тез. докл. II Всесоюз. совещ. по геохимии углерода. М.: Изд. ГЕОХИ АН СССР, 1986. С. 315.
5. Галимов Э. М.//Вестн. АН СССР. 1986. № 1. С. 38.
6. Espitalié J., Laporte J., Mades M. et al.//Rev. inst. franç. petrole. 1977. P. 23.
7. Филина С. И., Корж М. В., Зонн М. С. Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. М.: Наука, 1984. 34 с.
8. Espitalié J., Deroo G., Marquis F. Rev. Inst. Franç. Petrol. 1986. V. 41. № 1. P. 73.
9. Teichmüller M., Durand B.//Intern. J. Coal Geol. 1983. V. 2. № 3. P. 197.
10. Лопатин Н. В.//Тез. докл. II Всесоюз. совещ. по геохимии углерода. М.: Изд. ГЕОХИ АН СССР, 1986. С. 381.
11. Peters K.//Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol. 1986. V. 70. № 3. P. 318.

Институт геохимии и аналитической  
химии им. В. И. Вернадского АН СССР,  
Москва

Поступила в редакцию  
10.XI.1986

Французский институт нефти, Париж

#### OIL-SOURCE PROPERTIES OF THE BAZHENOVSKAYA SUITE AT SALYM AREA, WESTERN SIBERIA

GALIMOV E. M., LOPATIN N. V., ESPITALIER J.

Within the Bazhenovskaya suite at the studied part of Salym area three intervals distinguished in the organic matter content are observed. Correlation between the organic matter content and concentration of free hydro-

carbons proves the autochthonous, on the whole, character of hydrocarbons in the Bazhenovskaya suite. Lithologic peculiarities of the suite and presence of unpermeable overlying beds prevented from the intensive emigration of hydrocarbons from the oil-source rocks and caused the formation of productive areas within the suite itself. Within Salym area such condition of the oil-source rocks is observed that corresponds to the stage immediately preceded to the oil supply into the reservoir rocks. The applied technique of study of many subsamples taken from one sample permits to evaluate the local inhomogeneity of the oil-source rock. The range of variations caused due to this reason determines the representativity of the measured pyrolytic parameters and depends to some degree on dynamics of release of hydrocarbons in the process of maturing of the organic matter.