

ПРАВИТЕЛЬСТВО ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА
КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО ХМАО
КОМИТЕТ ПО НЕФТИ, ГАЗУ И МИНЕРАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ХМАО
НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ХМАО

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ХМАО

*Третья
научно-практическая конференция*

Под редакцией
ВОЛКОВА В.А.— кандидата геолого-минералогических наук

Ханты-Мансийск
Издательство «Путиведь»
2000

НЕФТЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОРОД, СЛАГАЮЩИХ ВЕРХНЕЮРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ МАСЛИХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М.Ю. ЗУБКОВ
(ОАО «СибНИИНП»),
В.Н. МЕЛЕНЕВСКИЙ
(ИГНиГ СО РАН),
И.М. КОС, Н.Я. МЕДВЕДЕВ
(ОАО «Сургутнефтегаз»)

В настоящее время у геологов и нефтяников вновь усилился интерес к битуминозным отложениям баженовской свиты, а также к верхним пластам, входящим в состав абалакской свиты. Это обусловлено, главным образом, получением промышленных притоков нефти из этих отложений, в том числе и в пределах Маслиховского месторождения. Однако исследования коллекторских свойств отложений баженовской и верхней части абалакской свит показали, что подавляющее большинство проанализированных образцов не являются коллекторами, так как имеют очень низкие фильтрационно-емкостные свойства. В то же время в результате анализа нефтегенерационных свойств этих отложений (по данным пиролиза) установлено, что они обладают высокими нефтегенерационными свойствами, а кероген, входящий в их состав, характеризуется различной степенью превращения в нефть и битумоиды [2, 3]. Отмечается отчетливая связь между содержанием керогена и его нефтегенерационными свойствами, с одной стороны, и литологическим типом отложений, в которые он входит,— с другой. Оказалось, что одни литотипы, входящие в состав баженовской и верхней части абалакских отложений, являются преимущественно генераторами нефти, а другие, наоборот, концентрируют ее.

Основой для написания настоящей работы стали результаты комплексных литолого-geoхимических исследований 36 образцов, отобранных из трех скважин (21, 22 и 23) Маслиховского месторождения, вскрывших отложения баженовской и верхней части абалакской свит.

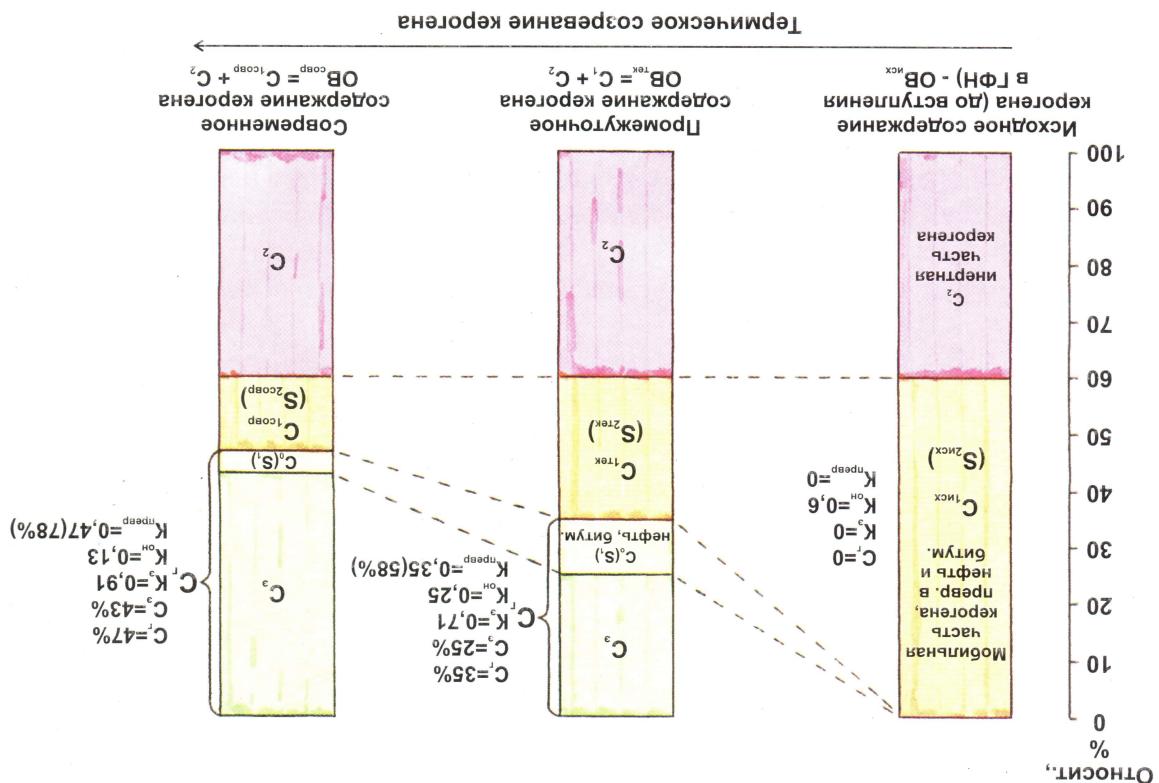
Вещественный состав отобранных образцов исследовался с помощью оптической и электронной микроскопии, а также методом рентгеноструктурного анализа. Содержание органического углерода (Сорг) определялось на анализаторе АН-7529 путем высокотемпературного нагрева в токе кислорода. Нефтегенерационные свойства керогена исследовались с помощью пиролитической установки типа «Rock-Eval».

Предлагаемый нами способ обработки полученных пиролитических данных заметно отличается от общепринятых [3—6], поэтому, несмотря на то, что ранее в общих чертах он был описан [1], остановимся на нем более подробно.

Кероген, входящий в состав битуминозных отложений баженовской и верхней части абалакской свиты, относится к типу II [1, 3—5]. В соответствии с существующими представлениями о нефтегенерационных свойствах этого типа керо-

Reha ob chocoobas kontyminati b kontyngenci, parhom 50–70% ot ero neperoahajiholo beca. To jahym pashpix nccjegoratejen artnihra hacth koperha oakeheobckon cinti (chocoobas tpeberpanitica b heftib n kontyminati) cocbariaret tpmepho 60% ot ero nccoxjohon maccbi [1, §], mostomy ychioroh nccoxjohin keporoh (OB^{max}) mokho tpecltarant b rusej abyx hacren — artnihon (C_{max}) no haujen tpmi- horojin [1] iini S₂ no [3–6], chocoobas no mpe tpmiheckoro cospebahn kedo- reha tpeberpanatrica b heftib, ras n gntymonti (okojo 60% ot beca OB^{max}), a trake tnsnyporaahpin piscokomjerkyjajphin octarok (cootretctrehno, okojo 40% ot beca neptphon (C₂), tpecltarabrihoumen godon b kohue nppoueccaa heftrehepauun tpaafni- OB^{max}) [1] (Dnc. I, jgerra Mjjejh).

Puc. I. *Наша місія – зберегти традиції та пам'ять про минуле*
Сум Макутохореко земляків засновано для збереження та розвитку традицій та пам'яті про минуле та сучасність.



Используя результаты определения $C_{\text{опр}}$ и усредненный пересчетный коэффициент 1.2 по [1, 5] для определения содержания керогена ($C_{\text{опр}} \times 1.2 = \text{OB}$), а также данные пиролиза (C_0 и C_1 по [1], или S_1 и S_2 по [3–6], соответственно) легко рассчитать все необходимые параметры, характеризующие степень созревания или превращения керогена, величину реализации его нефтегенерационного потенциала и долю оставшихся, а также эмигрировавших битумоидов, используя следующие соотношения:

$$\text{Инертная часть керогена } (C_2) = \text{OB} - (C_0 + C_1); \quad (1)$$

$$\text{Исходное содержание керогена } (\text{OB}_{\text{исх}}) = 2.5C_2; \quad (2)$$

$$\text{Исходная мобильная часть керогена } (C_{1\text{исх}}) = 1.5C_2; \quad (3)$$

$$\text{Количество образовавшейся нефти и битумоидов } (C_r) = C_{1\text{исх}} - C_{1\text{тек}} \quad (4)$$

$$\text{Количество эмигрировавшей нефти и битумоидов } (C_s) = C_r - C_0 \quad (5)$$

$$\text{Коэффициент эмиграции } (K_e) = C_s/C_r \quad (6)$$

$$\text{Коэффициент остаточной нефтегенерации } (K_{\text{он}}) = C_1/\text{OB}_{\text{исх}} \quad (7)$$

$$\text{Коэффициент превращения } (K_{\text{прев}}) = 0.6 - K_{\text{он}} \quad (8)$$

Результаты пиролитических и геохимических исследований, а также расчетов, выполненных на их основе с использованием формул (1–8), приведены в табл. 1.

Преимущество предлагаемой методики — возможность получения на ее основе максимально полной характеристики нефтегенерационных свойств образцов от определения исходного содержания керогена до оценки количества образовавшихся и эмигрировавших битумоидов, а также степени превращения керогена, чего нельзя сделать на основе общепринятых методов [3–6]. Используемый в стандартных пиролитических исследованиях индекс продуктивности (PI), равный отношению $C_0/(C_0 + C_1)$ по [1], или $S_1/(S_1 + S_2)$ по [3–6], не дает количественного представления о степени катагенетического превращения керогена, а лишь указывает на соотношение генерационных и эмиграционных процессов, например, пирограммы различных литологических типов пород баженовской и абалакской свит.

Рассмотрим пирограммы образцов основных литологических типов, входящих в состав баженовской и верхней части абалакской свит (рис. 2, 3). Сначала — пирограммы тонкослоистых глинистых литотипов, содержащих различные концентрации керогена (рис. 2). Для сравнения приведена пирограмма подачимовской тонкослоистой глины, содержащей довольно высокое количество керогена с хорошими генерационными свойствами (рис. 2 а).

Тонкослоистая битуминозная глина с гораздо более высоким содержанием керогена, отобранная из баженовской свиты, имеет похожую пирограмму, построенную в относительных единицах (рис. 2б). Однако абсолютные значения выхода подвижных нефтеподобных УВ (C_0) и мобильная или пиролитическая часть керогена (C_1) в нем значительно выше. Более высокие значения имеет также и индекс продуктивности.

Самый низкий выход нефтеподобных УВ (C_0) и невысокое значение мобильной части керогена (C_1), называемой также пиролитическими УВ, отмечаются в образце тонкослоистой глауконитсодержащей глины, отобранной из верхней части абалакской свиты (рис. 2в). Интересно, что, несмотря на невысокие нефтегенерационные свойства этого образца, индекс его продуктивности имеет максимальное значение среди трех рассмотренных глинистых образцов.

У кремнистых литотипов (силицитов) значения генерационных параметров средние. Так, силицит, сложенный мелкожелвачковой биогенной разновиднос-

Таблица 1

Характеристика нефтегенерационных свойств отложений баженовской и верхней части абалакской свит Маслиховского месторождения

Свита	№ Обр.	$C_{\text{оп}} \%$	$C_{\text{ин}} \%$	Кероген, %	$C_0 (\text{S}_1), \%$	$C_1 (\text{S}_2), \%$	$C_n, \%$	$0 \text{ В}_{\text{исл}}, \%$	$C_{\text{исл}}, \%$	$C_{\text{г}}, \%$	$C_3, \%$	$C_{\text{г}}, \%$	Кон	Кпевр	Кпредр, %
Бажен	21/4	16,20	19,4	0,80	5,02	14,40	36,00	21,60	16,58	15,70	0,95	0,14	0,14	0,46	77
Бажен	21/13	10,22	12,3	0,40	2,27	10,00	25,00	15,00	12,70	12,30	0,97	0,09	0,51	0,51	85
Бажен	21/22	10,23	12,3	0,36	2,74	9,56	23,90	14,30	11,56	11,20	0,97	0,12	0,48	0,48	80
Бажен	21/32	9,66	11,6	0,35	2,61	8,99	22,50	13,50	10,90	10,50	0,97	0,12	0,48	0,48	80
Бажен	21/44	10,05	12,6	0,33	2,77	9,80	24,50	14,50	11,70	11,30	0,97	0,11	0,49	0,49	82
Бажен	21/54	9,76	11,7	0,68	3,37	8,30	20,75	12,50	9,10	8,40	0,92	0,16	0,44	0,44	73
Бажен	21/59	1,75	2,1	0,23	0,53	1,57	3,90	2,40	1,87	1,64	0,88	0,14	0,46	0,46	77
Абалак	21/65	4,12	4,9	0,39	1,03	3,87	9,70	5,80	4,77	4,38	0,92	0,11	0,49	0,49	82
Абалак	21/72	2,46	3,0	0,30	0,40	2,55	6,40	3,80	3,40	3,10	0,91	0,06	0,54	0,54	90
Абалак	22/1	3,50	4,2	0,27	0,96	3,20	8,10	4,80	3,80	3,53	0,93	0,12	0,48	0,48	80
Абалак	22/2	8,40	10,8	0,50	2,47	7,60	19,00	11,40	8,90	8,40	0,94	0,13	0,47	0,47	78
Абалак	22/3	3,00	3,6	0,84	0,99	2,60	6,50	3,90	2,90	2,06	0,71	0,15	0,45	0,45	75
Абалак	22/4	3,17	3,8	0,30	0,67	3,10	7,90	4,65	3,98	3,68	0,92	0,09	0,51	0,51	85
Абалак	22/5	4,60	5,5	0,33	1,51	4,00	10,00	6,00	4,49	4,16	0,93	0,15	0,45	0,45	75
Абалак	22/6	11,08	13,3	0,59	3,63	9,66	24,20	14,50	10,87	10,28	0,95	0,15	0,45	0,45	75
Абалак	22/7	6,70	8,0	0,37	1,81	6,23	15,60	9,30	7,49	7,12	0,95	0,12	0,48	0,48	80
Абалак	22/8	1,62	1,9	0,12	0,17	1,77	4,40	2,66	2,49	2,37	0,95	0,04	0,56	0,56	93
Абалак	22/9	7,26	8,7	0,64	2,71	6,00	15,00	9,00	6,29	5,65	0,90	0,18	0,42	0,42	70
Бажен	22/10	19,62	23,5	0,88	6,96	16,60	41,40	24,90	17,90	17,02	0,95	0,17	0,43	0,43	72
Бажен	22/11	19,94	23,9	1,08	9,48	14,40	36,10	21,60	12,10	11,02	0,91	0,26	0,34	0,34	57
Бажен	22/12	16,07	19,3	2,05	8,62	10,66	26,60	16,90	7,38	5,33	0,72	0,32	0,28	0,28	47
Бажен	22/13	17,99	21,6	1,20	6,60	14,99	37,50	22,50	15,90	14,70	0,92	0,18	0,42	0,42	70
Бажен	22/14	10,74	12,9	0,65	2,50	10,39	25,97	15,60	13,10	12,45	0,95	0,10	0,50	0,50	83
Бажен	22/15	14,83	17,8	1,06	5,30	12,50	31,20	18,80	13,50	12,44	0,92	0,17	0,43	0,43	72
Бажен	22/16	0,45	0,5	0,07	0,23	0,27	0,68	0,41	0,41	0,33	0,87	0,40	0,20	0,20	33
Поздачим	23/2	8,95	10,7	0,45	2,72	7,98	19,95	11,97	9,25	8,80	0,95	0,14	0,46	0,46	77
Бажен	23/6	16,33	19,6	1,00	6,42	13,18	32,90	19,80	13,38	12,38	0,92	0,20	0,40	0,40	67
Бажен	23/11	17,25	20,7	1,23	7,45	13,25	33,10	19,90	12,45	11,22	0,90	0,23	0,37	0,37	62
Бажен	23/19/1	0,30	0,4	0,04	0,02	0,34	0,85	0,51	0,49	0,45	0,91	0,02	0,58	0,58	97
Бажен	23/24	16,61	23,5	1,12	7,29	16,20	40,50	24,30	17,00	15,88	0,93	0,18	0,42	0,42	70
Бажен	23/31	14,80	17,8	0,74	6,80	10,96	27,40	16,40	9,60	8,86	0,92	0,25	0,35	0,35	58
Бажен	23/37	12,69	15,2	0,46	2,52	12,70	31,70	19,10	16,58	16,12	0,97	0,08	0,52	0,52	87
Бажен	23/43	3,17	3,8	0,75	0,79	3,00	7,50	4,50	3,70	2,95	0,80	0,11	0,49	0,49	82
Бажен	23/49/2	2,79	3,3	0,26	0,39	2,96	7,40	4,40	4,00	3,74	0,94	0,05	0,55	0,55	92
Бажен	23/54	4,20	5,0	0,23	1,42	3,62	9,50	5,40	3,98	3,75	0,94	0,16	0,44	0,44	73
Абалак	23/58	3,20	3,8	0,50	0,42	3,42	8,55	5,10	4,68	4,18	0,89	0,05	0,55	0,55	92

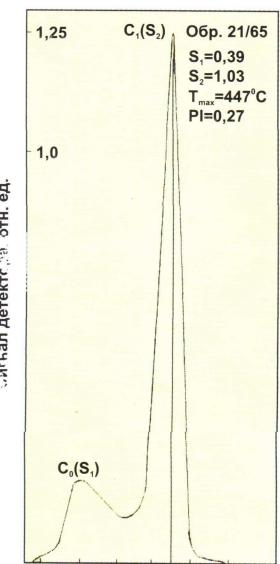
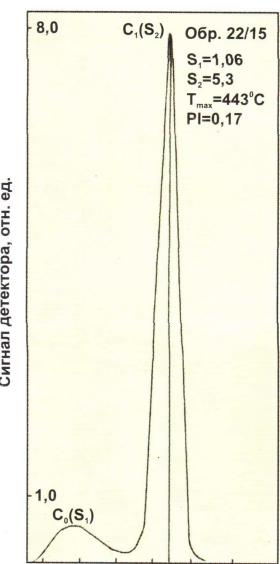
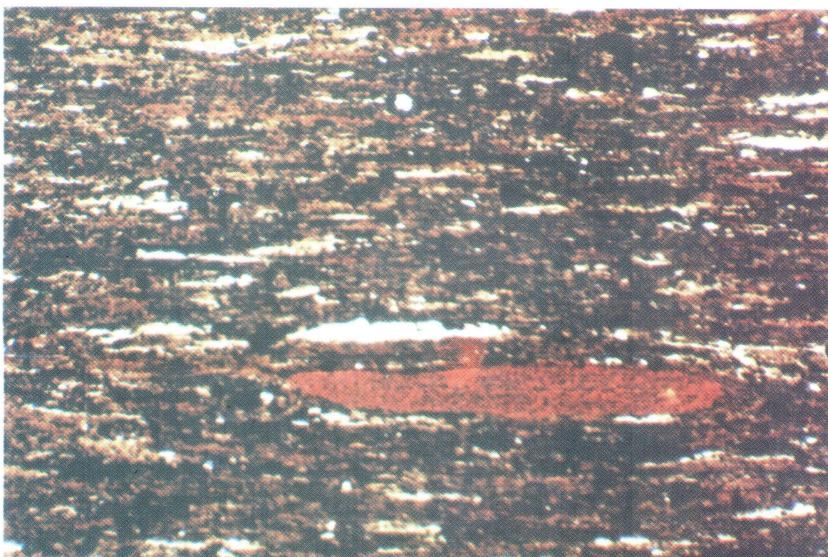
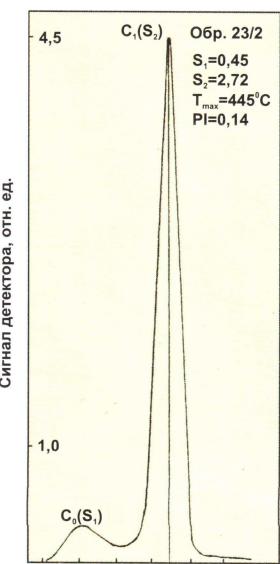
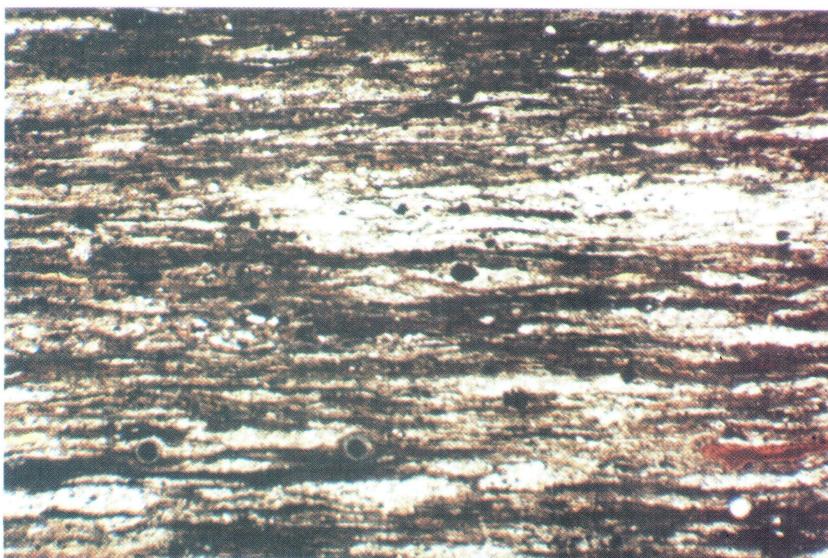


Рис. 2. Фотографии петрографических шлифов и пиrogramмы образцов тонкослоистых глин с различной концентрацией керогена, отобранных из подачимовской пачки (а), баженовской (б) и верхней части абалакской (в) свит Маслиховского месторождения

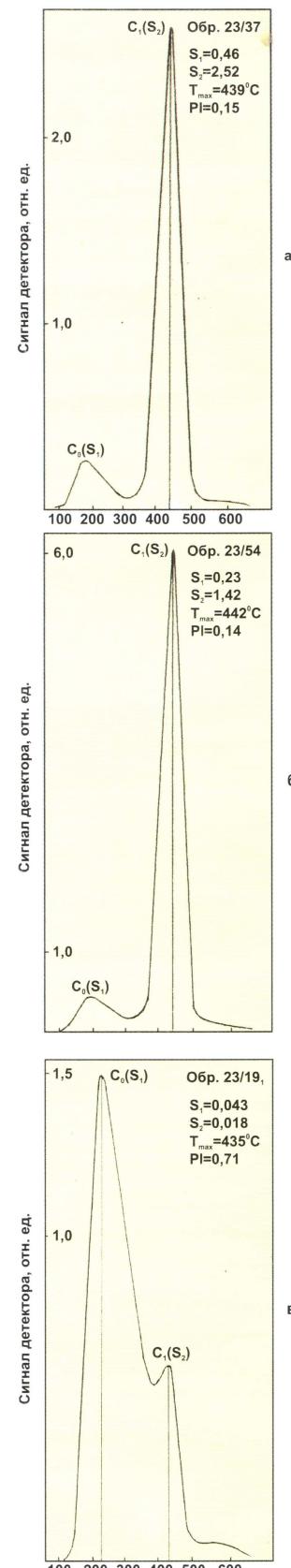
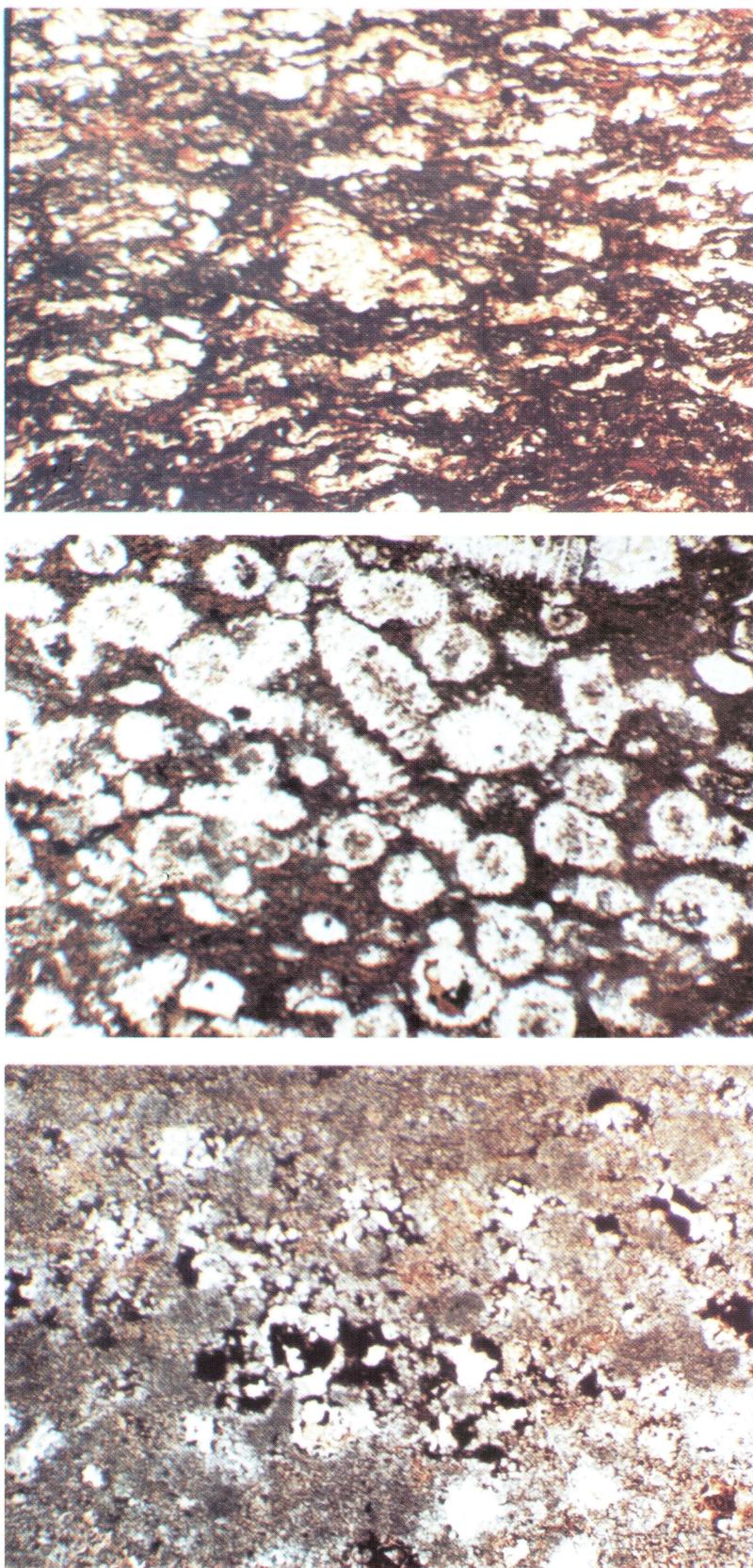
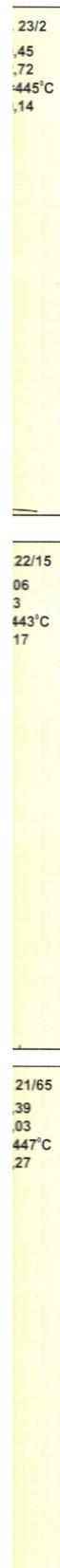


Рис. 3. Фотографии петрографических шлифов и пиrogramмы образцов желваковидного силицита (а), радиолярита (б) и известняка (в), отобранных из отложений базеновской свиты
Маслиховского месторождения

тью кремнезема, содержит всего около 0.46% нефтеподобных УВ, а мобильная часть керогена (пиролитические УВ) составляет примерно 2.53% от веса образца (рис. 3а). Индекс продуктивности всего 0.15.

Еще ниже генерационные свойства у следующего типа силицитов — радиолярита, содержащего всего 0.23% нефтеподобных УВ, а доля мобильной (пиролитической) части керогена составляет лишь 1.42% от веса образца. Индекс продуктивности керогена, входящего в его состав, такой же, как у керогена, содержащегося в образце, отобранном из подачимовских глин (см. рис. 2а и 3б).

Пирограмма карбонатного образца, отобранного из подошвенной части баженовской свиты, заметно отличается от всех предыдущих (рис. 3в). Образец характеризуется относительно высоким содержанием нефтеподобных УВ (C_0) и низким значением мобильной части керогена, входящего в состав этого образца (C_1). У него самое высокое значение индекса продуктивности (рис. 3в). На приведенной фотографии хорошо видны микрокаверны, заполненные бурыми нефтеподобными битумоидами, наличие которых и приводит к появлению высокого пика C_0 (или S_1) на пирограмме.

Анализ полученных данных позволил среди всего многообразия пирограмм выделить четыре основных типа (рис. 4):

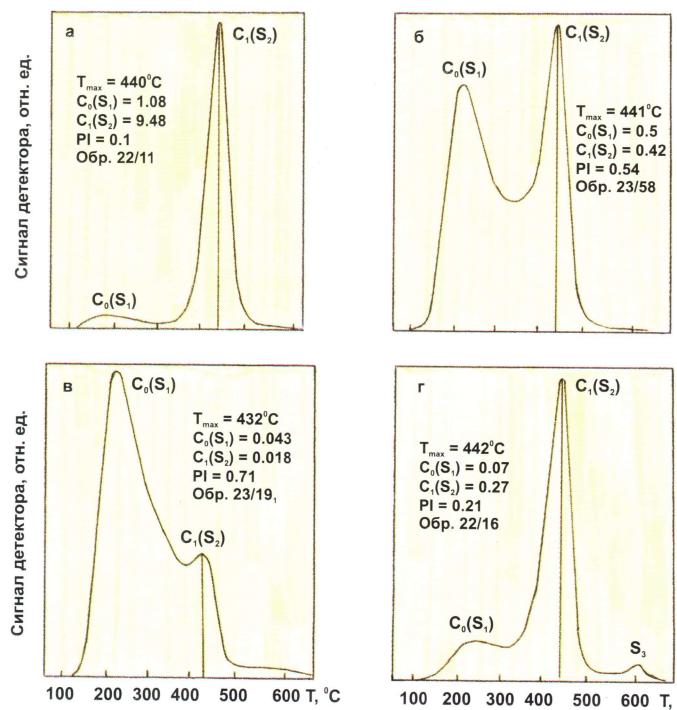
- первый (с высоким выходом пиролитических УВ или значительной долей мобильной части керогена) характерен для глинистых литотипов, в большей или меньшей степени обогащенных керогеном (рис. 4а);

- второй (с низким выходом пиролитических УВ или небольшой долей мобильной части керогена) чаще встречается в более карбонатных литотипах и мергелях (рис. 4б);

- третий (с очень низким выходом пиролитических УВ и относительно высокой долей подвижных нефтеподобных УВ) характерен для карбонатных пород, содержащих нефтеподобные УВ и битумоиды в микрокавернах и трещинах (рис. 3в, 4в);

- четвертый (с наличием переотложенного материала высокой степени преобразования или запечатанными высокометаморфизованными битумоидами? с дополнительным небольшим по высоте пиком S_3) встречен всего один раз при пиролизе карбонатного литотипа (известняка).

Сопоставление содержания керогена, входящего в состав различных литологических типов пород, слагающих отложения баженовской свиты, с концентрациями в них различных поро-



а — с высоким выходом пиролитических УВ; б — с низким выходом пиролитических УВ; в — с очень низким выходом пиролитических УВ; г — с наличием переотложенного материала высокой степени преобразования или запечатанными битумоидами(?) с характерным пиком S_3

Рис. 4. Примеры основных типов пирограмм рассеянного органического вещества (керогена) баженовской и верхней части абалакской свиты Маслиховского месторождения

дообразующих минералов, позволило установить следующие закономерности (рис. 5).

Между содержанием керогена и аутигенным (биогенным) кварцем (кремнеземом) примерно до значений концентрации последнего около 40% существует надежная положительная связь с коэффициентом корреляции около 0.8 (рис. 5а). При более высоких содержаниях кварца (около 55% и выше) отмечается изменение зависимости между ними на обратную, что объясняется разбавлением керогена кремнеземом. На основании полученной зависимости можно достаточно уверенно считать, что кероген, накапливавшийся в отложениях баженовской свиты, обязан своим происхождением организмам, имевшим кремнистый скелет (радиолярии, диатомеи?).

Еще более тесная, но отрицательная связь наблюдается между содержанием керогена и концентрацией карбонатных минералов в образцах баженовской свиты (рис. 5б). Причем описываемая связь становится значимой лишь при содержаниях карбонатных минералов в образцах около 20% и более. Полученная обратно пропорциональная зависимость объясняется главным образом тем, что, во-первых, подавляющее большинство карбонатных литотипов, накапливавшихся в отложениях как баженовской, так и абалакской свит имеют хемогенное происхождение и, во-вторых, доля органического материала в живых организмах, существовавших в то время и имевших карбонатный скелет или раковину, составляла ничтожно малую часть по сравнению с их раковиной (скелетом).

Между содержанием керогена и концентрацией глинистого материала в образцах, отобранных из баженовской свиты, связь отсутствует (рис. 5в).

Сопоставление нефтегенерационных параметров с вещественным составом образцов показало, что между ними связи практически отсутствуют. Лишь с коэффициентом эмиграции (K_e) и содержанием основных породообразующих минералов намечаются весьма слабые зависимости (рис. 6).

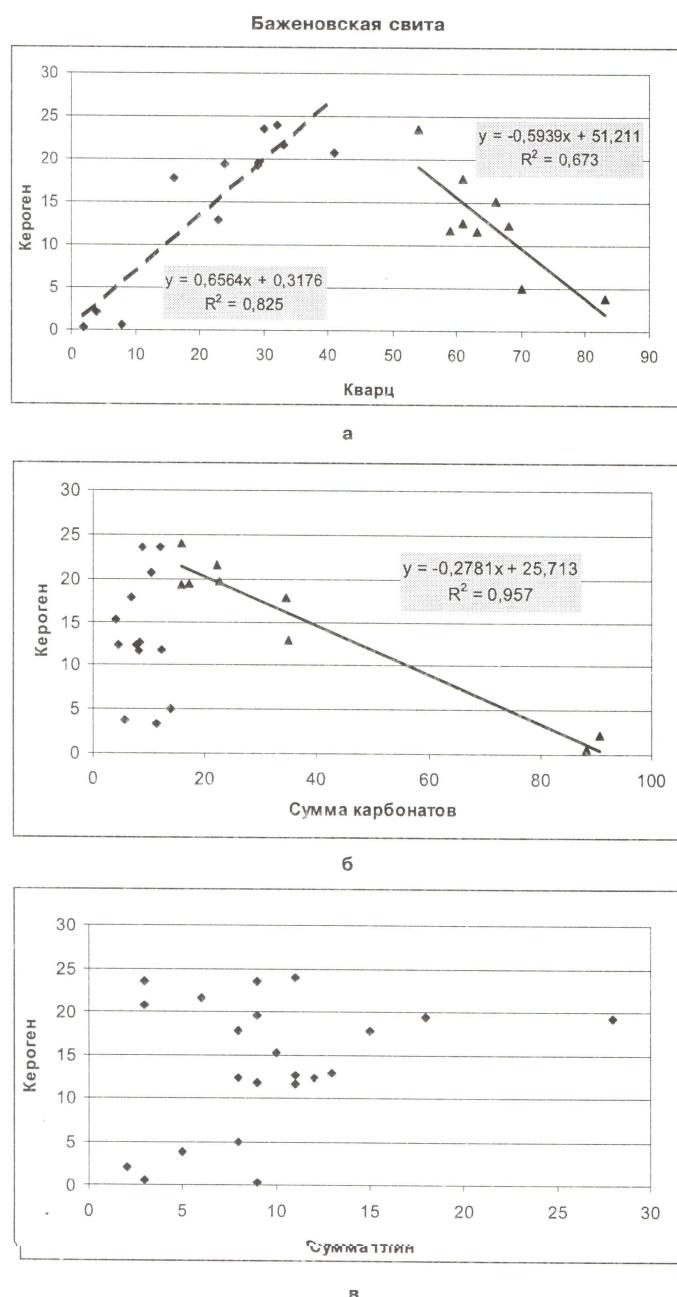
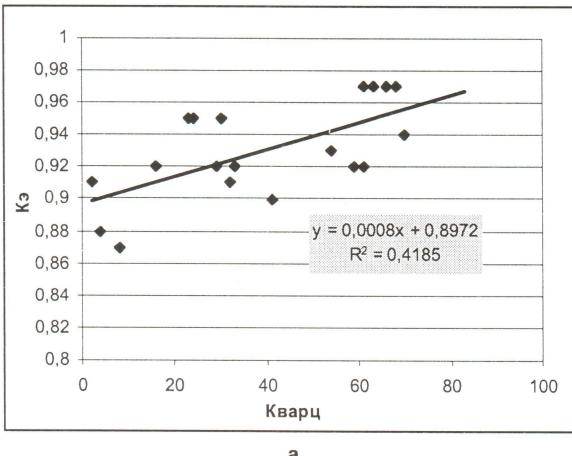


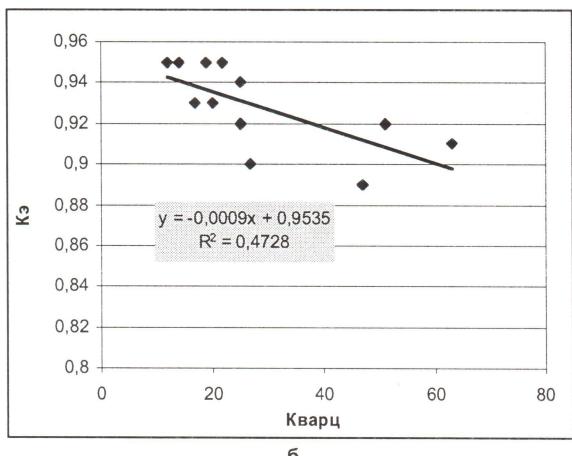
Рис. 5. Зависимости содержания керогена от концентрации кварца или биогенного кремнезема (а), карбонатов (б) и глин (в) в битуминозных отложениях баженовской свиты Маслиховского месторождения

Баженовская свита



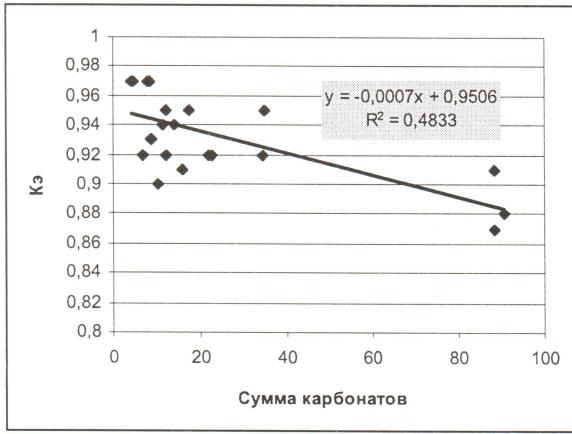
а

Абалакская свита

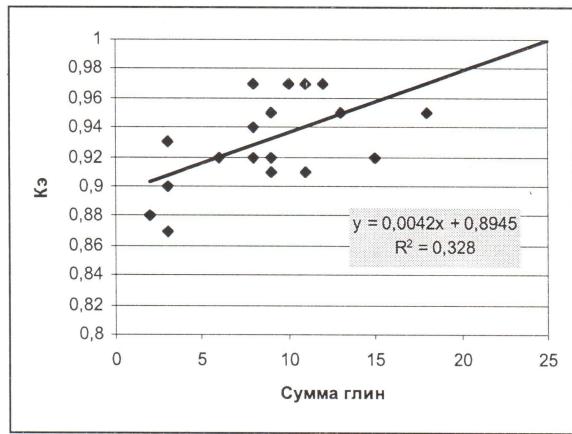


б

Баженовская свита



в



г

Рис. 6. Зависимости величины коэффициента эмиграции (K_e) от концентрации биогенного кремнезема (кварца) в образцах, отобранных из баженовской (а) и абалакской (б) свит, а также суммарного содержания карбонатов (в) и глин (г) в образцах из баженовской свиты

Интересно, что для образцов, отобранных из отложений баженовской свиты, отмечается положительная связь между K_e и содержанием биогенного кварца, хотя можно было бы ожидать обратную зависимость, которая наблюдается у образцов, отобранных из верхней части абалакской свиты (рис. 6а, б). С чем связан отмеченный феномен пока не ясно.

Более простые и ясные связи существуют между K_e , с одной стороны, и суммарным содержанием карбонатов (рис. 6в) и глин (рис. 6г), — с другой, в образцах, отобранных из баженовской свиты.

Действительно, обратно пропорциональная зависимость между K_e и содержанием карбонатов объясняется тем, что они являются коллекторами нефти и битумоидов, присутствующих в баженовской свите благодаря их механическим свойствам и наличию в них микротрешин и каверн, что способствует накоплению в них нефти и битумоидов и препятствует их эмиграции из этого типа пород. Напротив, глины, обладая высокой пластичностью, не могут предотвратить протекание процессов отжимания и эмиграции из них образующихся битумоидов.

Анализ полученных результатов, представленных в табл. 1, позволил сделать следующие выводы.

На основе предложенной модели протекания процесса нефтегенерации удалось рассчитать все основные нефтегенерационные и эмиграционные параметры различных литологических типов пород, отобранных из отложений баженовской и верхней части абалакской свит.

Расчеты показали, что $C_{исх}$ в среднем варьирует в пределах 15–25% и изредка достигает 37–41%. Величина $C_{тех}$ также изменяется от 4–6 до 16–18%, а C_s имеет примерно такие же значения, что объясняет высокие значения K_s — 0.9–0.94.

Средние значения K_s для образцов, отобранных из скв. 22, 23 и 21, составляют 0.90, 0.92 и 0.94, соответственно. Величины начальных дебитов, полученных из этих скважин, а также значения пластовых температур и величин АВПД уменьшаются в той же последовательности.

Величина $K_{превр}$ изменяется в широких пределах — от 47 до 97%, причем, как и следовало ожидать, для образцов, отобранных из скв. 22, 23 и 21, средние значения этого параметра уменьшаются при переходе от первой скважины к последней — 80.7, 77.9 и 74.1, соответственно. Следовательно, наиболее преобразован кероген, содержащийся в отложениях баженовской свиты, вскрытой скв. 21.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что основная часть генерационного потенциала керогена, входящего в состав баженовской и абалакской свит, реализована. Осталось нереализованным всего около 20–25% от его исходного нефтематеринского потенциала.

Таким образом, отложения баженовской и верхней части абалакской свит являются главным образом генераторами битумоидов и менее интересны как породы-коллекторы. Возникающие в них трещинно-кавернозные коллекторы имеют вторичное (тектоногенное) происхождение и приурочены к карбонатным и кремнистым разновидностям пород, входящих в их состав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубков М.Ю., Прямоносова И.А. Нефте- и газогенерационный потенциалы баженовской свиты / Геохимия.— 1988.— № 3.— С. 386–392.
2. Зубков М.Ю., Морева Е.В., Меленевский В.Н., Кос И.М. Нефтегенерационный и емкостной потенциалы баженовской и верхней части абалакской свит Маслиховского месторождения (Сургутский свод, Западная Сибирь) / Геохимическое моделирование и материнские породы нефтегазоносных бассейнов России и стран СНГ. Санкт-Петербург.— 1999.— С. 32–33.
3. Лопатин Н.В., Емец Т.П., Симоненкова О.И., Эрбен Ж.-П. Баженовская нефтяная генерационно-аккумуляционная система на западе Хантайской антиклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений.— 1998.— № 5.— С. 2–27.
4. Лопатин Н.В., Емец Т.П. Пиролиз в нефтегазовой геохимии. М.: Наука.— 1987.— 144 с.
5. Методические рекомендации по применению пиролитического метода в органической геохимии. Под ред. А.Э. Конторовича, составитель — В.Н. Меленевский. Новосибирск. СНИИГГиМС. 1991, 48 с.
6. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М.: Мир.— 1981.— 502 с.