

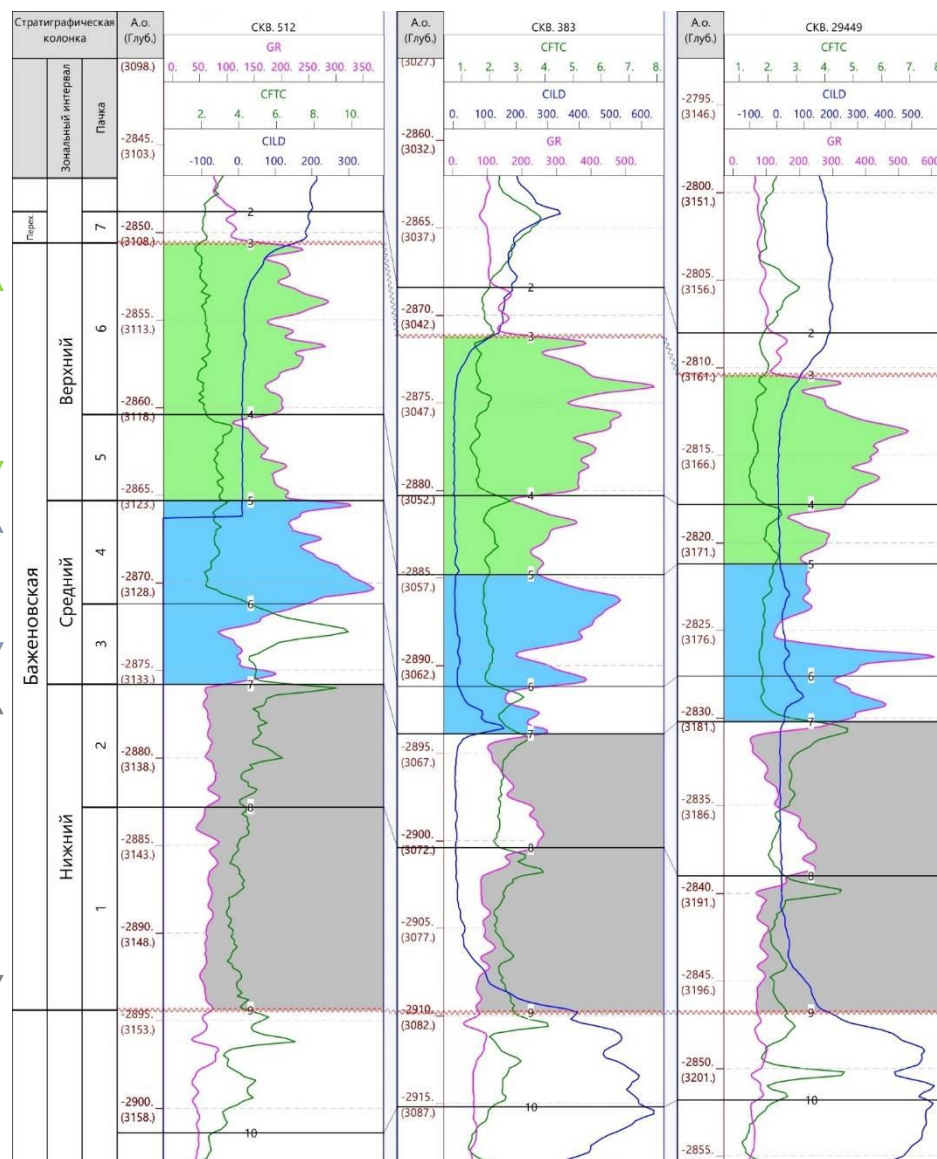
Методические приемы уточнения пиролитических параметров для объективной оценки запасов нефти в баженовской свите Западной Сибири

И.С. Гутман*, Г.Н. Потемкин (ООО «ИПНЭ»),
Е.В. Козлова, М.Ю. Спасенных, А.В. Казак (Сколтех),
А.В. Постников, О.В. Постникова (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина),
А.Д. Алексеев, И.А. Карпов (ООО «Газпромнефть НТЦ»)

Баженовская свита (БС) как объект оценки

1. Отложения БС имеют сложный минеральный и литологический состав, а также структуру пустотного пространства (с преобладанием трещинных и трещинно-поровых типов) и высокую степень неоднородности, связанной с вертикальной и латеральной изменчивостью;
2. Формы залегания углеводородов зависят от литологических типов пород и их микротекстурных характеристик и в первую очередь определяются степенью катагенетической зрелости керогена, а также наличием вторичных преобразований;
3. По литологическим, геофизическим, петрофизическим и геохимическим данным на изучаемом участке в пределах Фроловской мегавпадины в баженовской свите выделяются три зональных интервала;

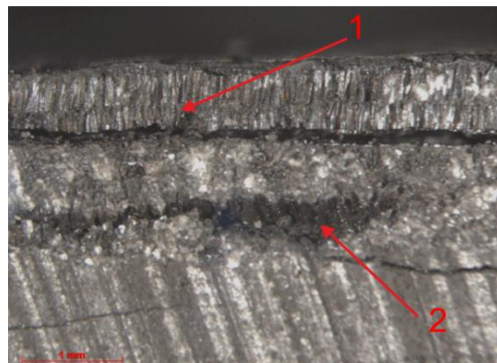
Верхний зональный интервал
Средний зональный интервал
Нижний зональный интервал



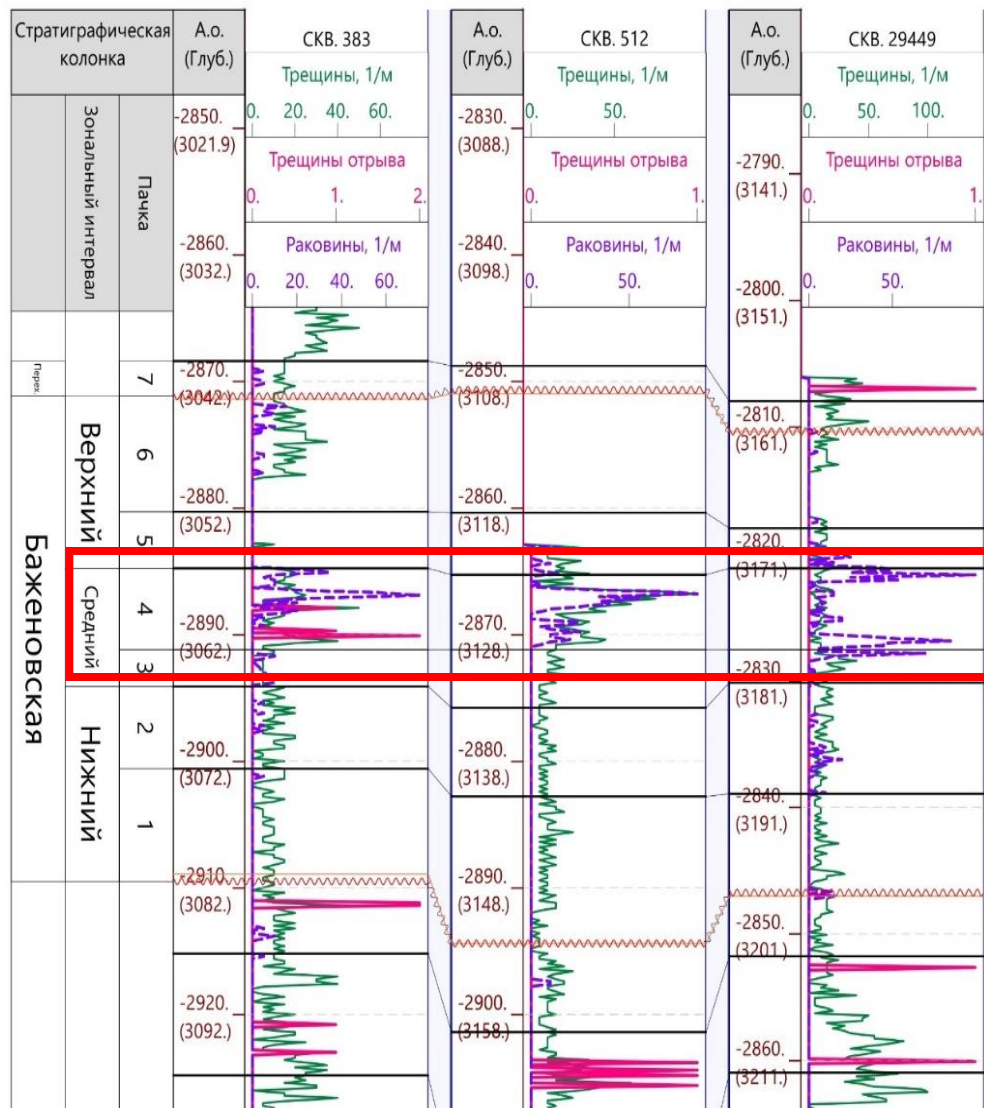
Баженовская свита (БС) как объект оценки

4. Основными нефтеносными объектами в разрезе являются тонкозернистые кремнистые и карбонатные пропластки со сложным типом пустотности, локализованные в нижнем и среднем зональных интервалах;

5. В среднем зональном интервале, как правило, существуют пропластки, обогащенные раковинами пелеципод, вклад которых в пустотность невелик, однако они являются перспективными для применения методов воздействия, в том числе кислотных ГРП за счет повышенной карбонатности.



Реликтовая структура кальцита в раковине пелециподы (1) и новообразованные кристаллы в каверне выщелачивания (2).



Существующие оценки ресурсов в баженовской свите

Геологические ресурсы (по данным многочисленных публикаций) – от 100 до 177 млрд т (на территории 1 млн км²)

Оценка извлекаемых ресурсов	
EIA (США)	10 млрд т
USGS (США)	5,9 млрд т
ЦРН им. Шпильмана	3,1 млрд т

Применение объемного метода и пиролитических параметров для подсчета запасов и оценки ресурсов БС

Объект подсчета	Локализация по разрезу	Подход к подсчету запасов/оценке ресурсов (геологических)
Естественные коллекторы порово-трещинного и трещинного типов	Спорадически. Главным образом – нижний интервал	Объемный метод $Q_H = F h_{кол} K_{\Pi} K_H \theta \rho_H$
Стимулируемые породы	Разрез БС с дифференциацией по зональным интервалам Высокое содержание раковин пелеципод рассматривается как один из технологических атрибутов.	$Q_m^{S1} = F h_{св} \rho_{\Pi} S_1$
Нефтематеринские (генерирующие) породы	Весь разрез БС с дифференциацией по зональным интервалам с учетом зрелости керогена	$Q_m^{S2} = F h_{св} \rho_{\Pi} S_2$

Контрольные функции объемного метода

Пример применения контрольных оценок объемным методом
для запасов свободного газа в угольных пластах

1. Расчет с использованием метаноносности М

$$V_{\Gamma} = F \cdot h \cdot M$$

2. Объемный метод

$$V_{\Gamma} = F \cdot h \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\Gamma} \cdot K_p \cdot K_t$$

3. Расчет контрольного параметра (барический коэффициент)

$$K_p = \frac{M}{K_{\Pi} K_{\Gamma} K_t} \quad K_{\Pi} = \frac{M}{K_p K_{\Gamma} K_t}$$

Пример:

центру тяжести залежи соответствует абсолютная отметка –750 м

среднее пластовое давление 7,5 МПа

результате контрольного подсчета $K_p=30$ МПа

**расчеты через метаноносность дают четырехкратное завышение
запасов ($30/7,5=4$)**

Пример применения контрольных оценок объемом методом для запасов нефти в баженовской свите с помощью пиролитических параметров

1. Расчет с использованием S_1

$$h_{\text{ЭКВ.КОЛ.}} = \frac{h_{\text{СВ}} \cdot \rho_{\text{П}} \cdot S_1}{K_{\text{П}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot \theta \cdot \rho_{\text{Н}}}$$

2. Расчет с использованием S_2

$$h_{\text{ЭКВ.КОЛ.}} = \frac{h_{\text{СВ}} \cdot \rho_{\text{П}} \cdot S_2}{K_{\text{П}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot \theta \cdot \rho_{\text{Н}}}$$

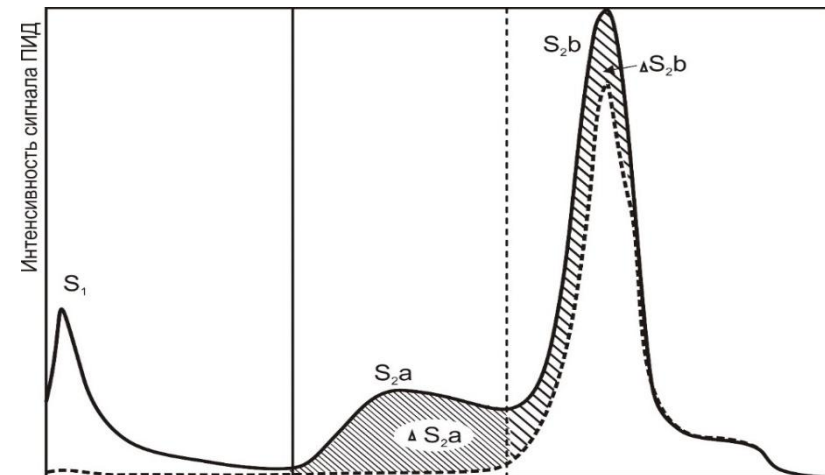
Южно-Приобское месторождение, пласт АС₁₀¹⁻³

Пористость, %	17
Нефтенасыщенность, %	64
Плотность нефти, г/см ³	0,879
Пересчетный коэффициент	0,894
Контрольная толщина, м	7,2

Зональный интервал	Средняя толщина интервала ($h_{\text{СВ}}$), м	Плотность породы ($\rho_{\text{П}}$), т/м ³	S_1 , г <u>УВ</u> г породы	S_2 , г <u>УВ</u> г породы	Эквивалентные толщины, м		
					через S_1	через S_2	Суммарно
Верхний	12,8	2,21	0,008	0,036	2,7	12,1	14,8
Средний	7,3	2,24	0,010	0,031	2,0	5,9	7,9
Нижний	18,6	2,34	0,009	0,020	4,4	10,3	14,7
Итого	38,7				9,1	28,3	37,4

Способы уточнения пиролитических параметров:

1. Обоснование применения экстракции образцов для получения оценок ΔS_{2a} и ΔS_{2b} (в порошке)

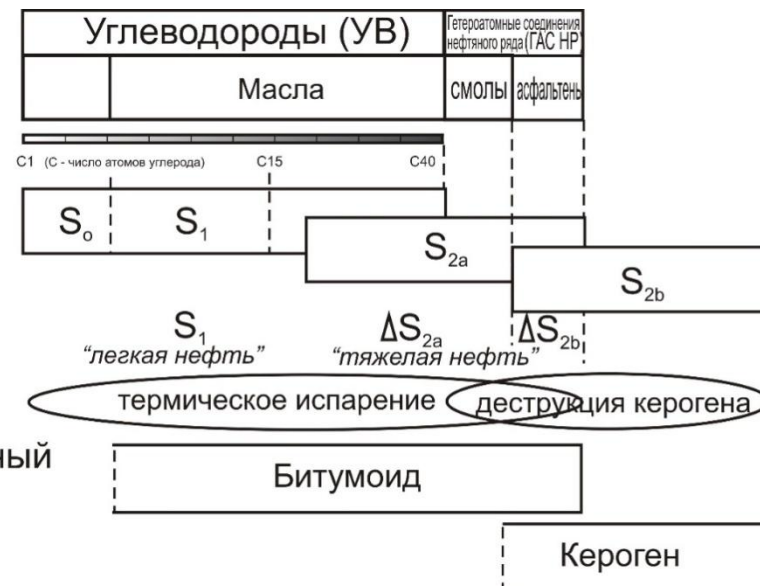


	S_1	S_{2a}	S_{2b}	Tmax
до экстракции	3.91	4.99	14.57	450
после экстр.	0.11	0.16	11.65	454
ΔS	$\Delta S_1 = 3.80$	$\Delta S_{2a} = 4.83$	$\Delta S_{2b} = 2.92$	

— пирограмма до экстракции
 - - - - - пирограмма после экстракции

Параметры
пиролиза
Рок-Эвал

Хлороформенный
экстракт



Зональный интервал	Средняя толщина интервала, м	Эквивалентные толщины, м				
		Прямой расчет			Расчет с поправками	
		Через S_1	Через S_2	Суммарно	Ресурсы ΔS_{2a}	Суммарно
Верхний	12,8	2,7	12,1	14,8		
Средний	7,3	2,0	5,9	7,9		
Нижний	18,6	4,4	10,3	14,7		
Итого	38,7	9,1	28,3	37,4	7,1	16,2

2. Определение параметров по обломкам породы

Если рассматривать процесс дробления керогена, превращения его в порошок, а затем разогрева его или мелких кусочков до нескольких сотен °С, то коэффициент пиролитического извлечения нефти будет равным 1. Аналогом этих операций с таким же коэффициентом извлечения нефти могут служить извлеченные на поверхность пласты баженовской свиты, измельченные до порошка и разогретые до той же температуры.

В пластовых условиях невозможен ни эффективный прогрев пород баженовской свиты и даже ее зональных интервалов, ни их достаточное размельчение, ни извлечение всех образовавшихся продуктов пиролиза, если представить, что их даже удалось получить в значительных количествах. Поэтому реальные цифры, от которых следует отталкиваться, говоря о перспективах разработки, должны быть понижены по сравнению с подсчитанными выше.

Обоснование результатов пиролитического метода на обломках пород баженовской свиты

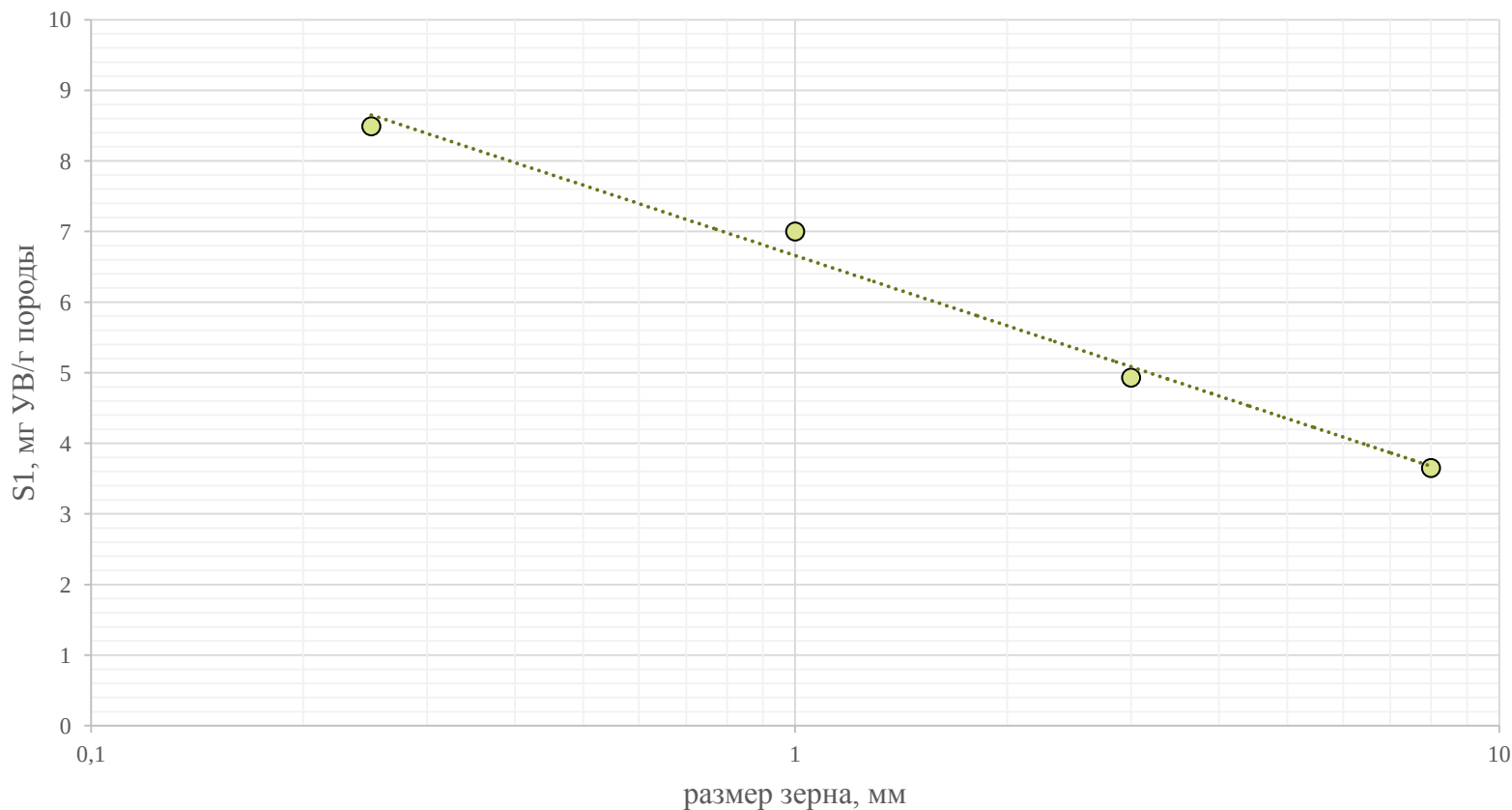
Согласно методике пиролитических исследований, пиролиз нефтематеринских пород чувствителен к размеру зерна (Эспиталье, Бехар и т.д.), и стандартный анализ должен проводиться на порошке породы размером 60 меш (приблизительно 0,25 мм). С увеличением размера обломка не происходит равномерного полного прогрева образца, и при низких температурах в инертном потоке из породы улетучиваются не все углеводороды. Для пород баженовской свиты отмечена закономерность увеличения параметра S2 с увеличением размера зерна при сохранении суммы выделившихся углеводородов S1 и S2 (генерационный потенциал породы) (на приборе HAWK - $S_0 + S_1 + S_2$).

Исследования поведения пород БС, пиролизируемых не в порошке, а в зернах и кусочках позволит приблизиться к решению проблемы определения запасов и ресурсов нефти и смоделировать процессы нефтеотдачи при применении тепловых и кислотных методов извлечения углеводородов.

Обоснование результатов пиролитического метода на обломках пород баженовской свиты

- Многочисленными опытами показано, что в специальных приспособлениях (автоклавах, трубах горения и т.д.) при технических воздействиях на пласт ВОЗМОЖНА реализация всего нефтематеринского (генерационного) потенциала, то есть порода может дать то количество микронефти, соответствующей пиролитическим S_1+S_2 – мг УВ/г породы. Однако, как неоднократно было отмечено, это будет «оценка сверху», то есть соответствовать «поверхностной высокотемпературной переработке ПОРОШКА породы».
- Практически значимой является «оценка снизу», то есть измерение количества микронефти при дроблении (или разрушении породы) с применением различных методик ГРП, при котором происходит создание объемной трещиноватости породы. Это равносильно введению граничных значений при обосновании параметров (например, динамической пористости при подсчете запасов нефти объемным методом).
- На основании серии лабораторных исследований возможно показать для отдельных пластов КОНКРЕТНЫХ разрезов (важно литологическое строение и минеральный состав) оптимальную плотность искусственных трещин.
- Нам представляется важным разработка объективной методики определения пиролитических параметров для подсчета ресурсов и запасов УВ на таких нестандартных объектах, как баженовская свита, а не вводить в заблуждение общественность неправомерными величинами запасов. Такая разработка возможна, если не сопротивляться научно-техническому прогрессу, а следовать научной логике, основываясь на экспериментальных данных.

Обоснование результатов пиролитического метода на обломках пород баженовской свиты

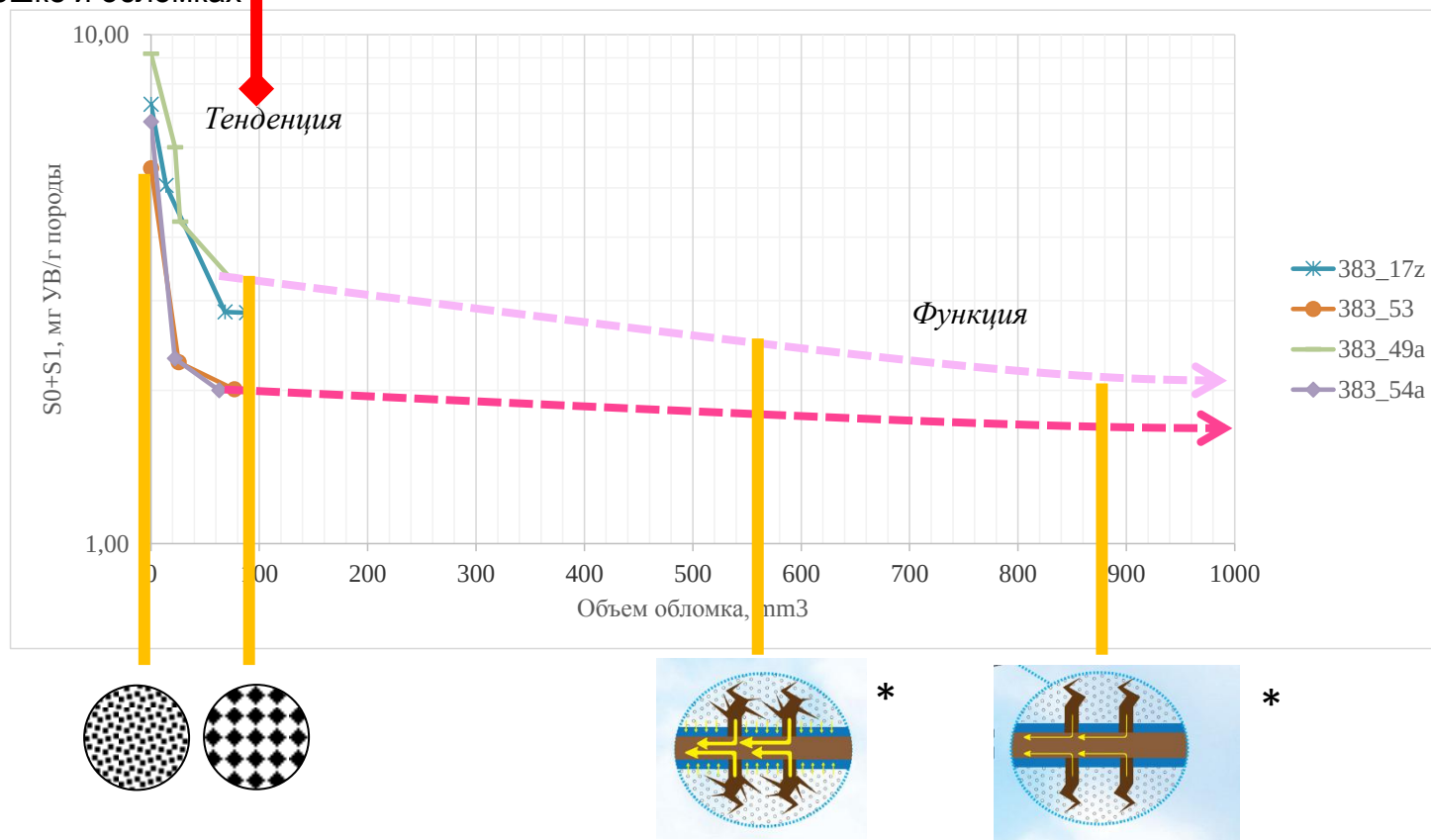


Применение пиролиза на обломках породы (со стороной максимум 4,5 мм) приводит к уменьшению значений S_1 вдвое.

Прогноз изменения пиролитического параметра S1 по данным математического моделирования (А.В. Казак, Сколтех)

Данные
пиролитических
исследований на
порошке и обломках

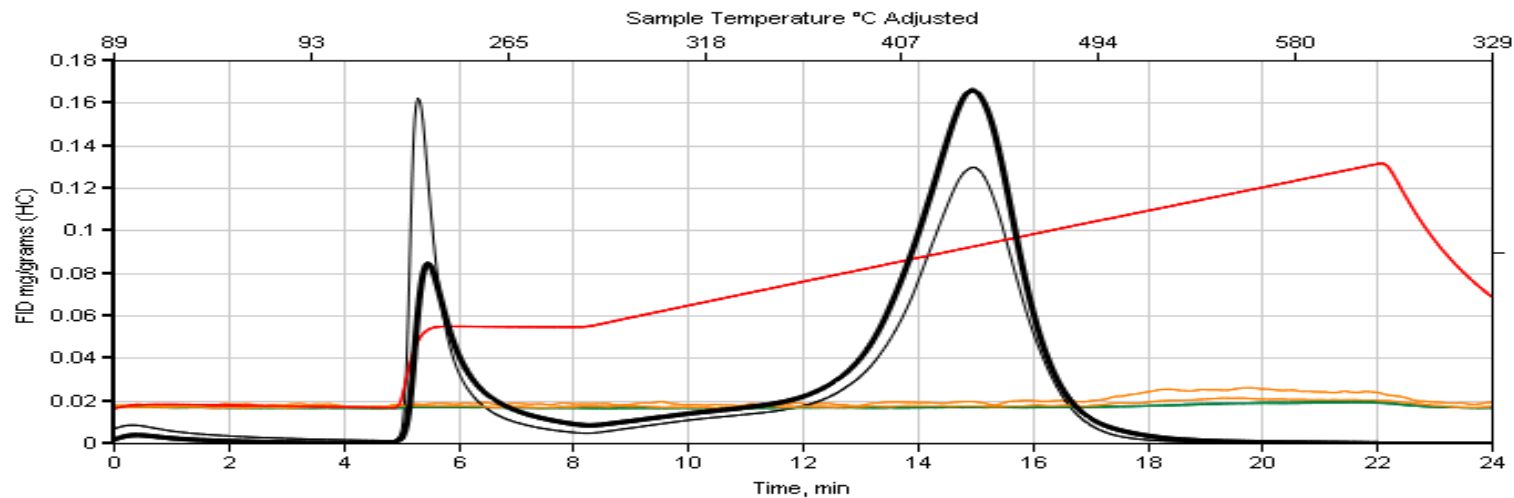
Математические модели



Необходимо методически обосновать технологию нестандартного пиролитического анализа на обломках пород с целью выхода на другой масштаб, на уровень разрабатываемого пласта, чтобы с помощью математического моделирования иметь возможность рассчитывать генерацию углеводородов в конкретно заданных условиях.

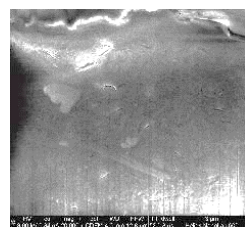
* Рисунки позаимствованы с сайта <http://www.gazprom-neft.ru/upload/medialibrary/cb5/VDA070416.png> для иллюстрации развития ветвящихся трещин ГРП

Сравнение пирограмм порошка и обломка

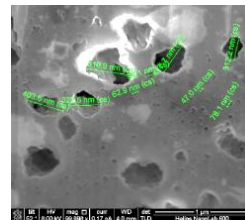
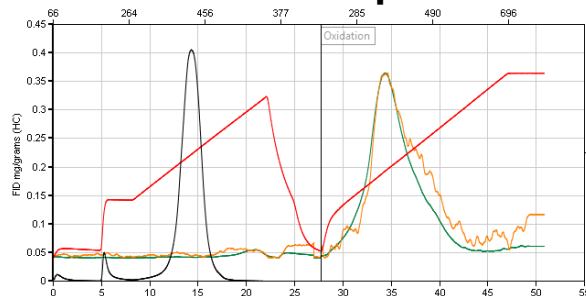


Сравнение пирограмм порошка (60 меш - 0,25 мм) и обломка (объемом 65 мм³) (выделена пирограмма обломка)

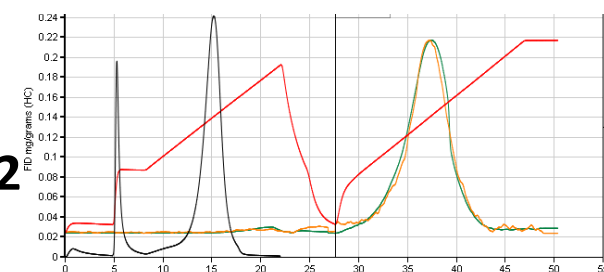
3. Изменение соотношений абсорбированных углеводородных соединений и продуктов крекинга керогена в органическом веществе баженовской свиты по мере его созревания



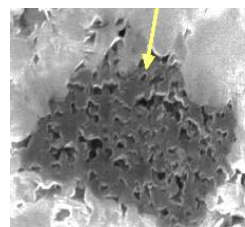
ПК3



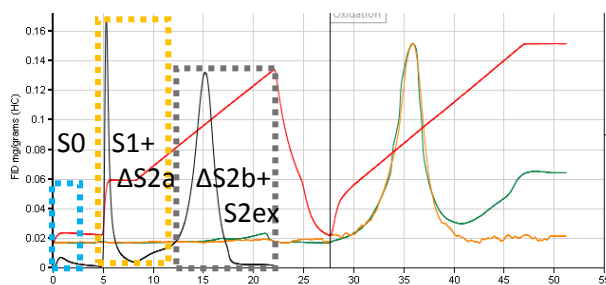
МК1



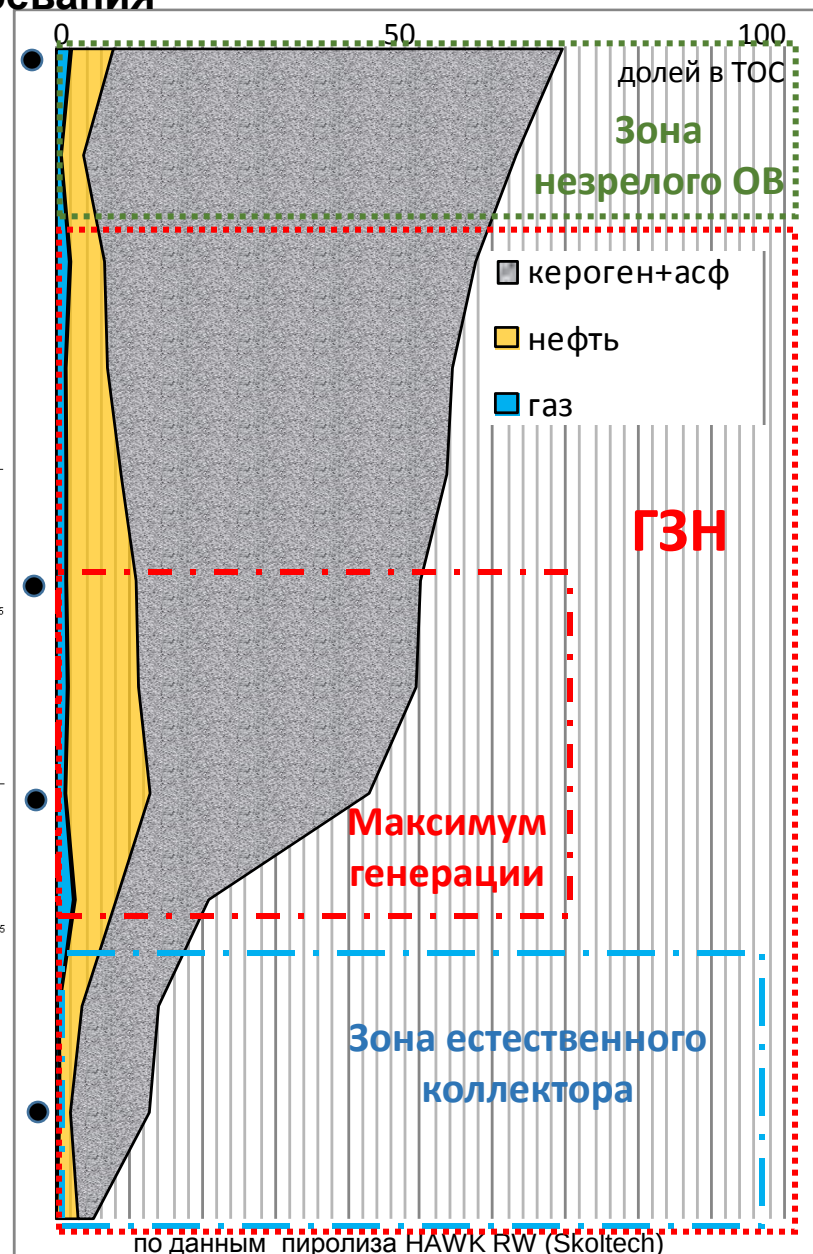
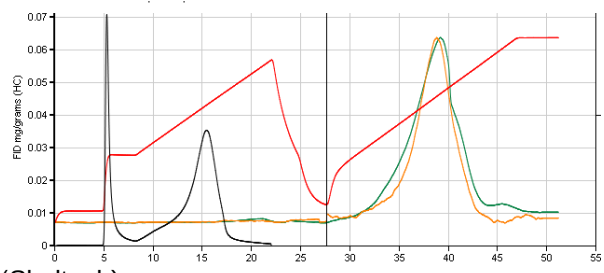
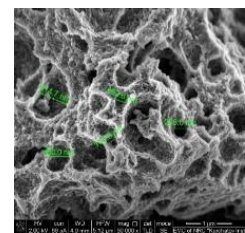
МК1-2



МК2



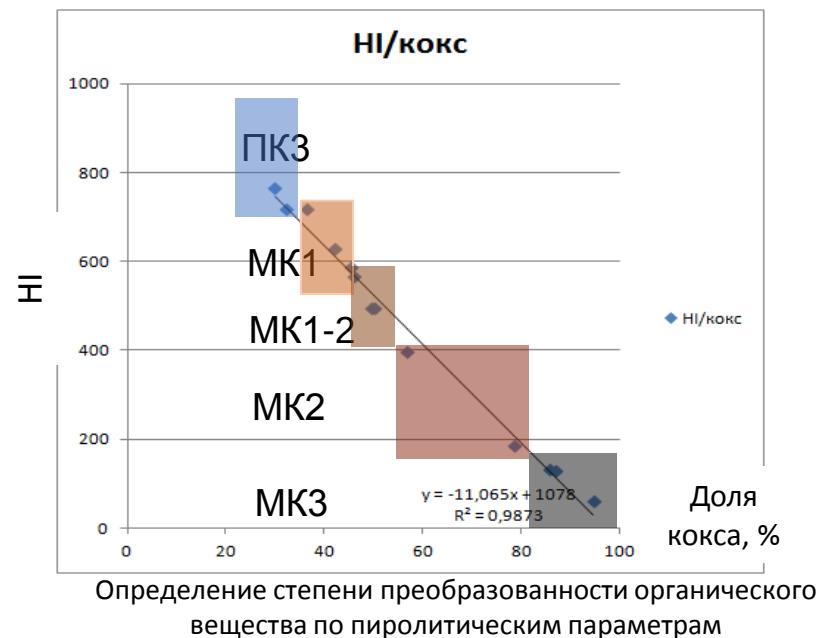
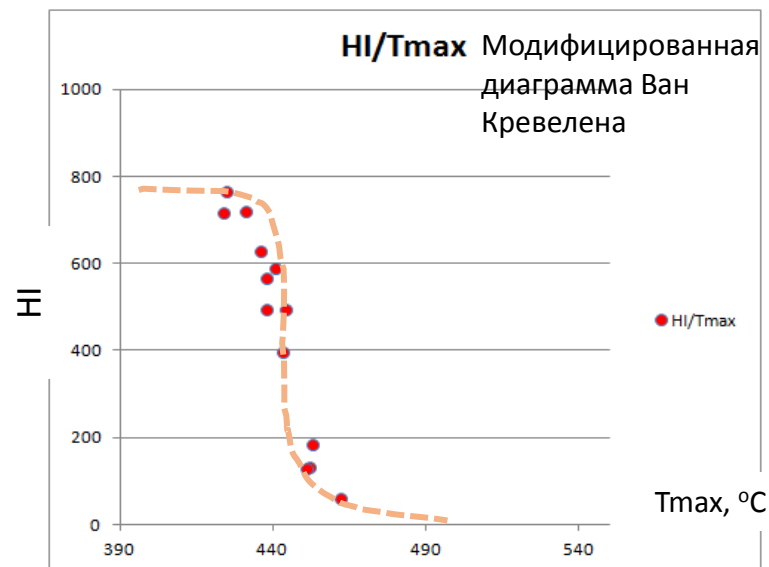
МК3



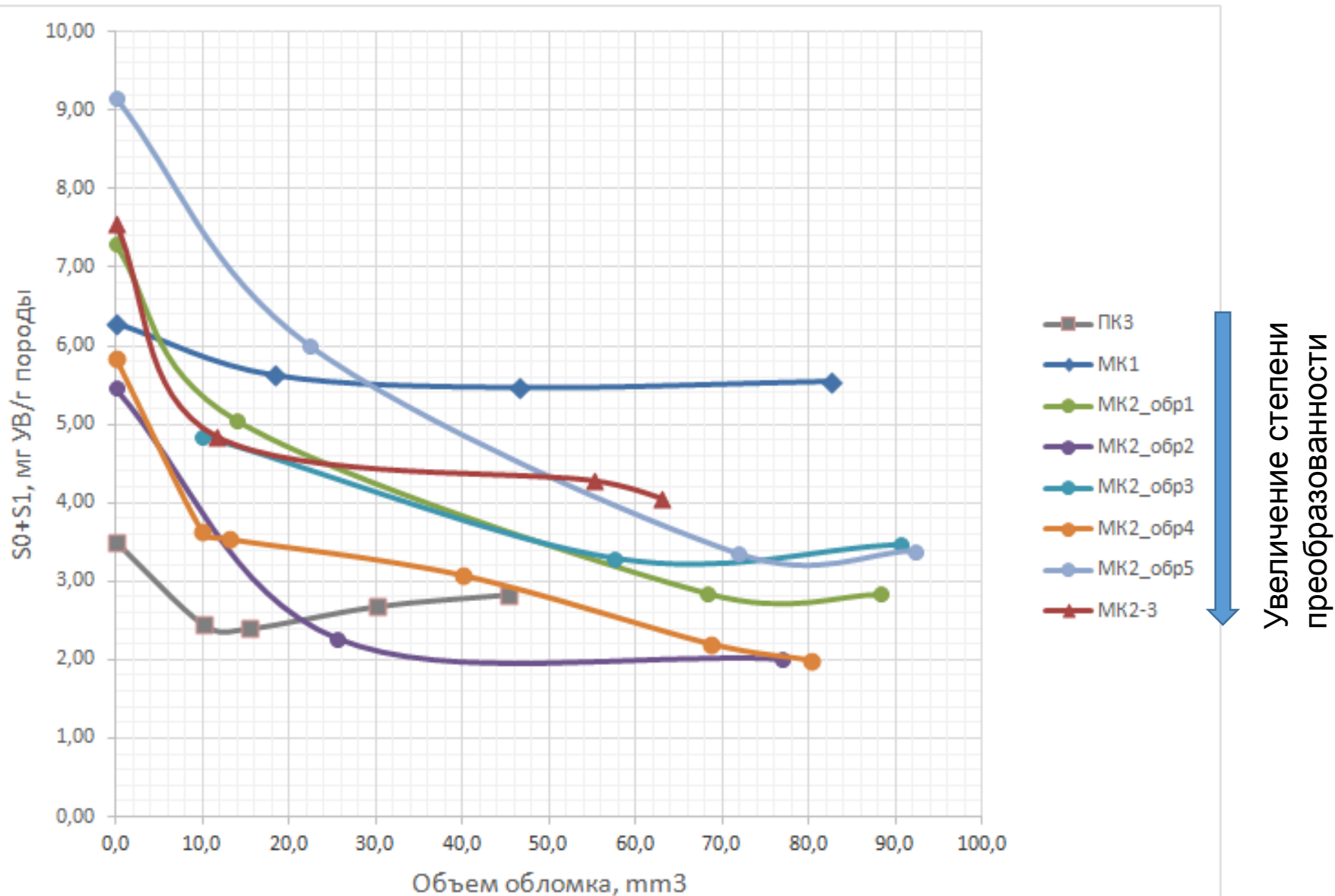
по данным просвечивающей
электронно-ионной микроскопии (Skoltech)

Разделение отложений БС по степени преобразованности ОВ

	Тmax	HI	Доля в ТОС, %			
			кокс	газ	нефть	кероген +асф
ПКЗ	425	767	30	2	6	62
	424	718	36	1	3	60
МК1	436	630	42	2	5	51
	441	588	45	1	6	47
	438	565	46	1	8	45
МК1-2	444	495	50	1	10	39
	438	494	50	2	10	38
МК2	443	396	57	1	12	30
	453	186	79	3	6	13
МК3	452	134	86	0	3	11
	451	130	87	1	2	11
	462	62	95	0	3	2



Зависимость выхода жидких и газообразных УВ при пиролизе образцов разного размера и разной степени преобразованности



Выводы

- Таким образом, на сегодняшний день возможность применения пиролитических методов при оценке геологических ресурсов с использованием параметров S_1 и ΔS_{2a} требует учета размеров пиролизуемых образцов породы, особенностей их экстракции и степени зрелости керогена;
- Необходимо разработать способы учёта потерь нефти из керна при его извлечении на дневную поверхность и хранении;
- Для оценки извлекаемых запасов следует применять статистические методы подсчета извлекаемых запасов с помощью способа кривых падения добычи.

Спасибо за внимание!