



РГУ НЕФТИ И ГАЗА (НИУ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ НЕФТИ И ГАЗА



ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

ЗРЕЛОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

НЕФТЕГАЗМАТЕРИНСКИЕ ПОРОДЫ

горные породы, обогащенные автохтонным органическим веществом, кероген которого способен генерировать и отдавать углеводороды.

Основные критерии:

- содержание органического углерода (ТОС ; $C_{орг.}$);
- тип керогена (HI);
- степень зрелости (T_{max} ; R^o)

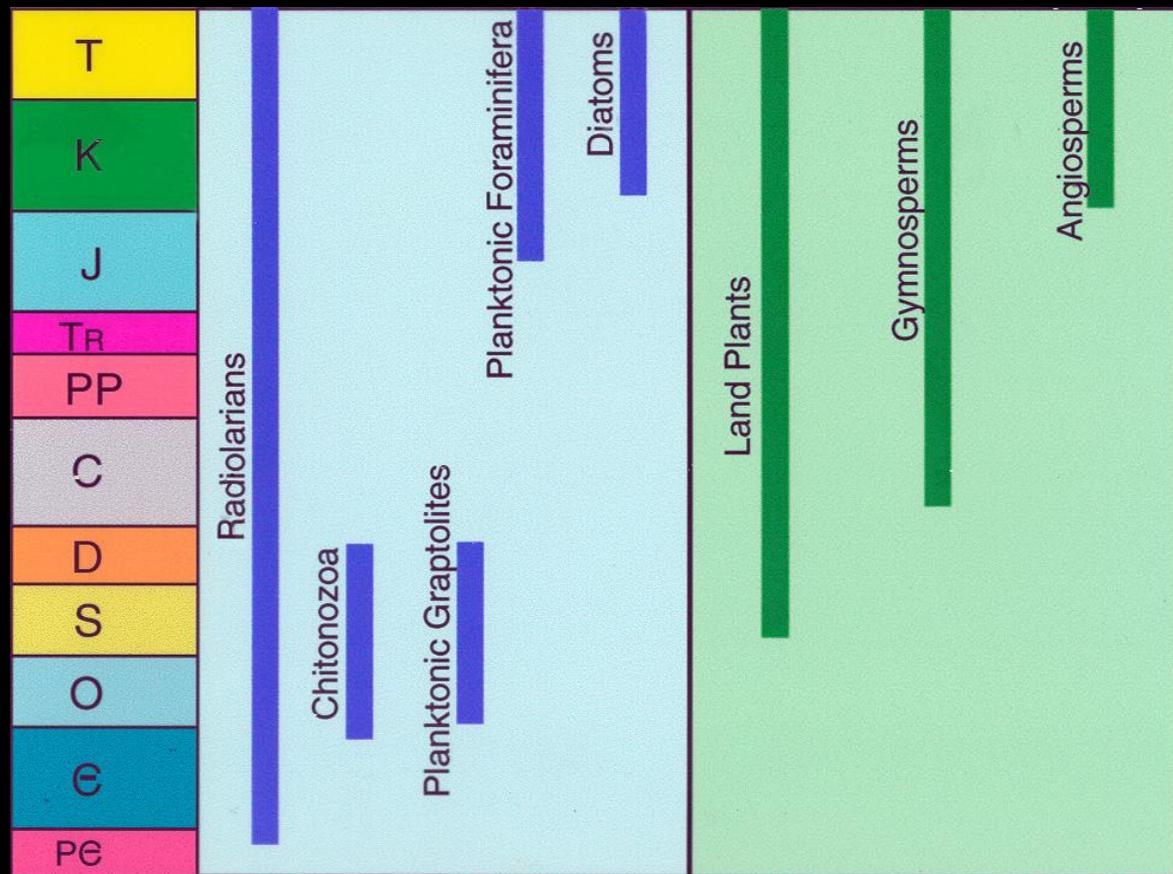
ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО (ОВ)

Органическое вещество (биогенное) ископаемых пород - это остатки растений, животных, микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности и/или преобразования.

Основные элементы:

C N O

S, P, N и др.



УГЛЕПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Изучение состава угля:

1. Макроскопическое
изучение

2. Микроскопическое
изучение в проходящем и
отраженном свете:

Мацеральный анализ

Микролитотипный
анализ

Изучение состава
минеральной части
угля

3. Микроскопические
исследования в УФ свете

Исследование изменения свойств углей

- по показателю
отражения витринита
(RV,%);

- по люминисцентным
свойствам мацералов углей
и PОВ

МАЦЕРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Мацеральный анализ – изучение состава угля на основе выделения и подсчета мацералов

Анализ производится по полированным аншлифам и/или аншлифам-брикетам согласно ГОСТам 9414.2-93 (ИСО 7404-2-85) и 9414.3-93 (ИСО 7404-3-84)

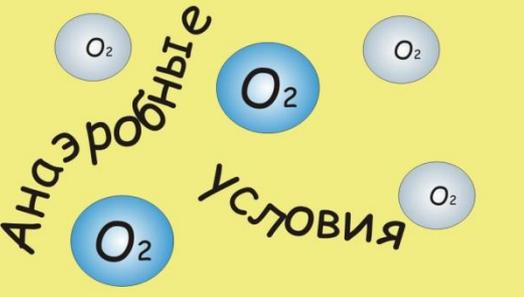
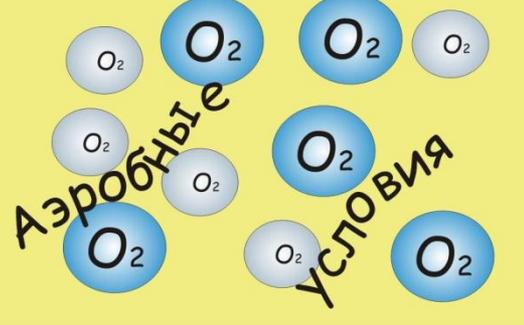
Подсчет проводится по 1000 точек.

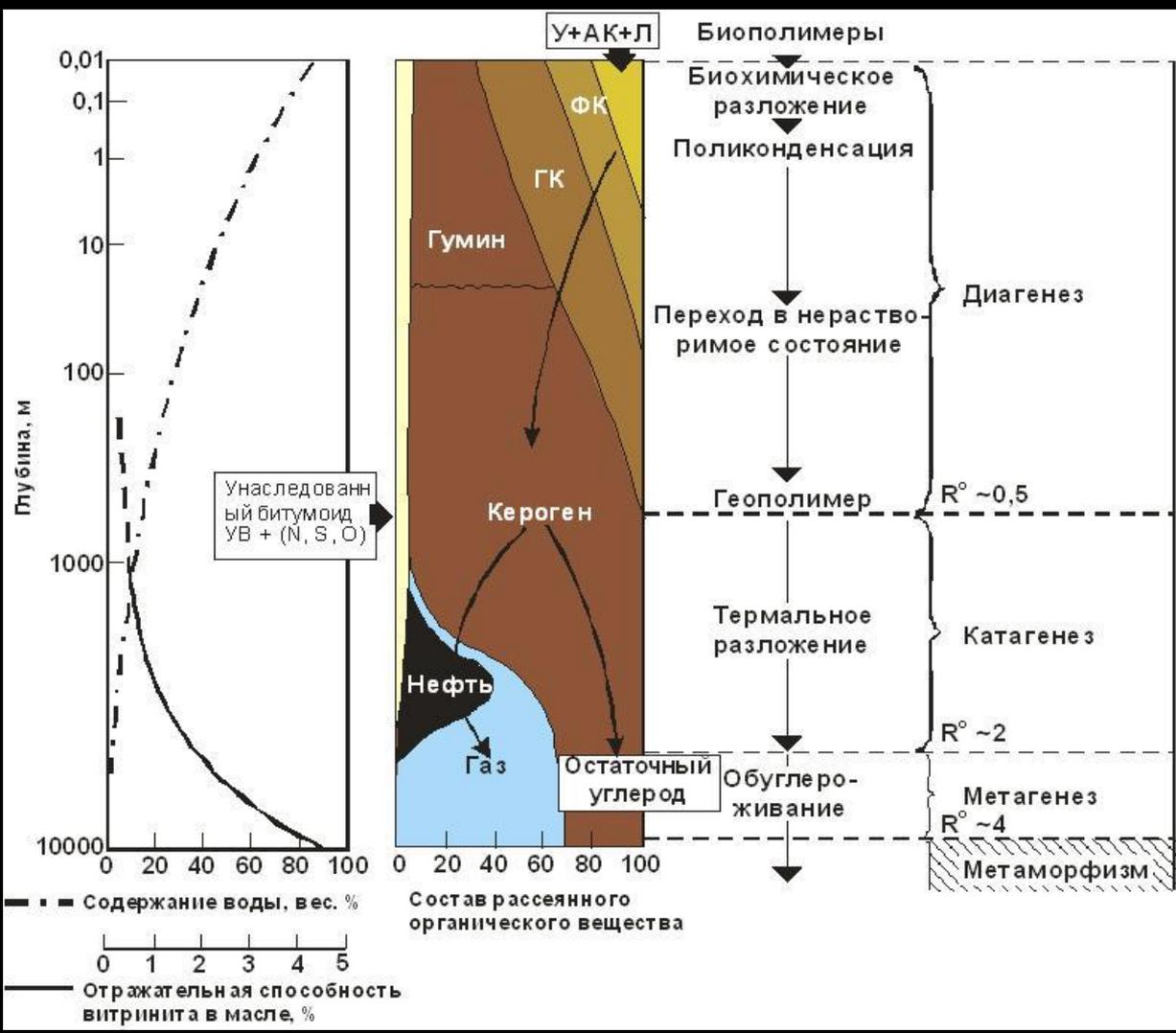
Мацералы – наименьшие выделяемые микроскопически составляющие углей или органические включения осадочных пород (аналогично минералам).

Мацералы характеризуются следующими признаками:

- цвет,
- морфология и размер,
- люминисценция,
- рельеф,
- отражение.

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ МАЦЕРАЛОВ ГУМУСОВЫХ УГЛЕЙ

Группа мацералов	Исходное вещество	Условия захоронения	Особенности элементного состава
гр. Витринита Vt	Лигнино-целлюлозные	Анаэробные условия 	O (очень относительно!)
гр. Инертинита I	ткани растений	Аэробные условия 	C почти 100%
гр. Липтинита L	Покровные ткани и смоляные вещества	Разнообразные обстановки вплоть до резкоокислительных 	H до 9-13%



На **стадии диагенеза** ОВ считается еще незрелым для развития процессов нефтегазообразования. На этой стадии в результате микробных процессов может образовываться только метан.

Основной стадией образования нефти и гомологов метана является **катагенез**.

Катагенетические изменения пород и содержащегося в них органического вещества обусловлены различными факторами, главными из которых являются температура, давление и время их воздействия на породы и содержащееся в них ОВ.

ОБЩАЯ СХЕМА ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С МОМЕНТА ЕГО ОТЛОЖЕНИЯ ДО НАЧАЛА МЕТАМОРФИЗМА (ТИССО, ВЕЛЬТЕ, 1981)

У - углеводы; АК - аминокислоты; ФК - фульвокислоты; ГК - гуминовые кислоты; Л - липиды; УВ - углеводороды; NSO - N-, S-, O-содержащие гетеросоединения (не углеводороды)

СХЕМА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

ЗОНА РАННЕГО И СРЕДНЕГО ПРОТОКАТАГЕНЕЗА (ПК1-ПК2). После диагенеза осадков биохимические процессы преобразования ОВ практически прекращаются. Происходит низкотемпературная генерация сухого газа (CH_4).

ЗОНА ПОЗДНЕГО ПРОТОКАТАГЕНЕЗА (ПК3). Генерация «незрелых» нефтей ранних стадий катагенеза ОВ. Нефти, как правило, тяжелые, преимущественно нафтенового основания с повышенным содержанием смол, асфальтенов и серы

ЗОНА МЕЗОКАТАГЕНЕЗА (МК1-МК2). Перестройка керогена с активным новообразованием битумоидов, обогащенных углеводородами («микронефти»). «Главная фаза нефтеобразования», «нефтяное окно» (oil window). РОВ II типа генерирует парафиново-нафтеновые нефти средней плотности. Нефти с высокими концентрациями твердых парафинов (C_{20+}) генетически связывают с ОВ III типа.

ЗОНА МЕЗОКАТАГЕНЕЗА (МК3). Генерируются легкие высокогазонасыщенные нефти парафинового основания с незначительным содержанием смол и асфальтенов.

ЗОНА ПОЗДНЕГО МЕЗОКАТАГЕНЕЗА (МК4-МК5). Этап генерации и эмиграции жирных газов, газоконденсатов, реже очень легких нефтей. Для нижней части зоны характерны конденсаты парафиново-ароматического основания.

ЗОНА АПОКАТАГЕНЕЗА (АК1-АК2). Характеризуется постепенным переходом от ароматических газоконденсатов к генерации высокотемпературных сухих (CH_4) и кислых газов (CO_2 и H_2S).

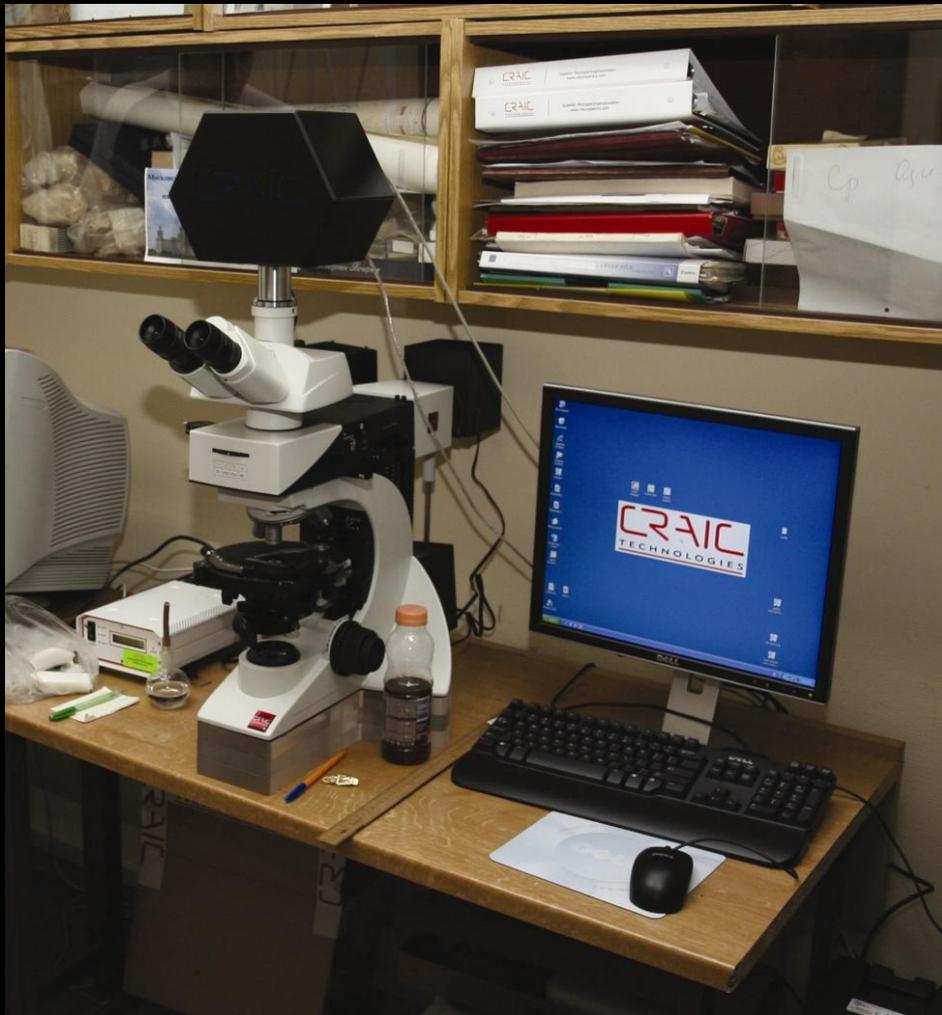
СХЕМА КОРРЕЛЯЦИИ ЗОНАЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗО- ГЕНЕРАЦИИ И НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗРЕЛОСТИ ОБ

Зоны зрелости ОБ		Зоны генерации углеводородов	Показатель отражения витринита (R _o %)	Индекс цвета спор (ранги 1-10)	Индекс термической зрелости (TAI)			Rock-Eval T _{max} (°C) (Barnard et al, 1981)			Уровень зрелости ОБ (LOM)	Флюоресценция в УФ-свете		Марки углей		
По Вассоевичу	Robertson Group				Staplin	Exlog	Batten	Тип I	Тип II	Тип II		споры	спр. аморфн.			
ПК ₁	Незрелая	Только биогенный газ	0.2	1		1	1					Желтый	Желтый	Торф		
			0.3	2		1.5	1/2			420						Бурый уголь
			0.4	3		2	2	400		425						
	Ранней зрелости	Переходная зона. Жирные газы и увелич. содерж. битумоидов. Некоторые карбонатн. породы могут генерировать тяжелые сернистые нефти	0.4	4			3		430	430		Желто-оранж.	Оранжевый	Полубитуминозный		
			0.5	5			3/4		410	435						
МК ₁	Средней зрелости	Нефти средней плотности (35°- 42° АРТ). Развитие миграционных процессов	0.6	6		2.5	4		440	440		Оранжевый	Оранжевый	Битуминозный с высоким содержанием летучих		
			0.65	7			4/5		430	440						
МК ₂	Средней зрелости	Нефти средней плотности (35°- 42° АРТ). Развитие миграционных процессов	0.7	7			5		440	450		Оранжево-коричн.	Оранжевый	Битуминозный с высоким содержанием летучих		
			0.8	8			5/6		450	450						
МК ₃	Поздней зрелости	От легких нефтей к конденсатам и жирным газам	0.85	8			6		450	460		Оранжево-коричн.	Оранжевый	Средне-низкое содержание летучих		
			0.9	9			6		450	460						
МК ₄	Поздней зрелости	От легких нефтей к конденсатам и жирным газам	1.0	8			3					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Средне-низкое содержание летучих		
			1.15	9			3									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	1.3	8.5		3						Оранжево-коричн.	Оранжевый	Полуантрациты		
			1.55	9			6/7									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	1.55	9			3.5					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Полуантрациты		
			2.0	9			3.5									
			2.0	9			3.5									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9			4									
МК ₅	Сверх зрелые	От жирных газов к сухим газам	2.0	9			4					Оранжево-коричн.	Оранжевый	Антрациты		
			2.0	9												

**СТАДИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
(В ОТНОШЕНИИ СПОСОБНОСТИ НЕФТЕГАЗОГЕНЕРАЦИИ)
ПО ПАРАМЕТРАМ ПИРОЛИЗА РОК-ЭВАЛ (К. Е. PETERS, 1994)**

Стадии зрелости		R_o, %	T_{max}[*], °C	PI	Преимущественные продукты генерации
Незрелое		0,20-0,60	<430	<0,10	Газы ранней генерации
	ранней зрелости	0,60-0,65	435-445	0,10-0,15	Тяжелые нефти
Зрелое	пик нефтегенерации	0,65-0,90	445-450	0,25-0,40	Нефти
	поздней зрелости	0,90-1,35	450-470	>0,40	Легкие нефти, конденсаты, жирные газы
Сверхзрелое		>1,35	>470	—	Газы

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВИТРИНИТА



- Микроскопы отраженного света с фотометрической насадкой
- аншлифы, аншлифы-брикеты, полированные блоки



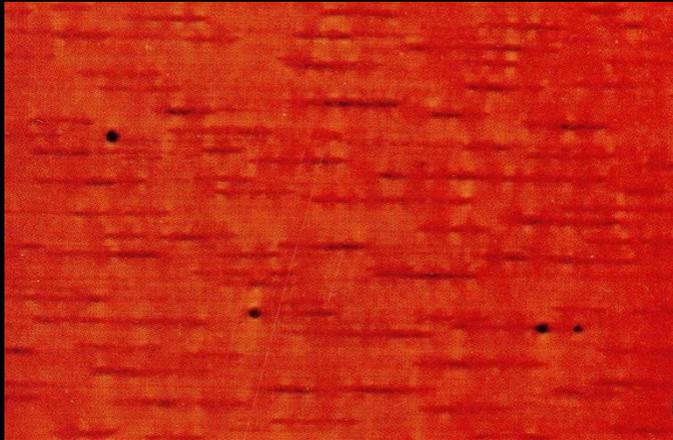
Бурый уголь



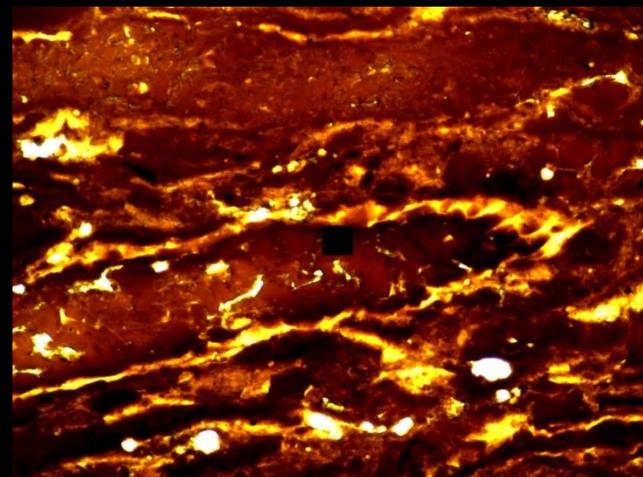
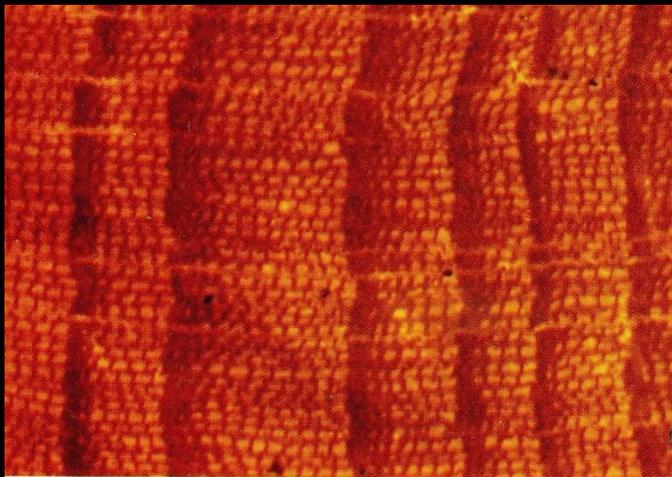
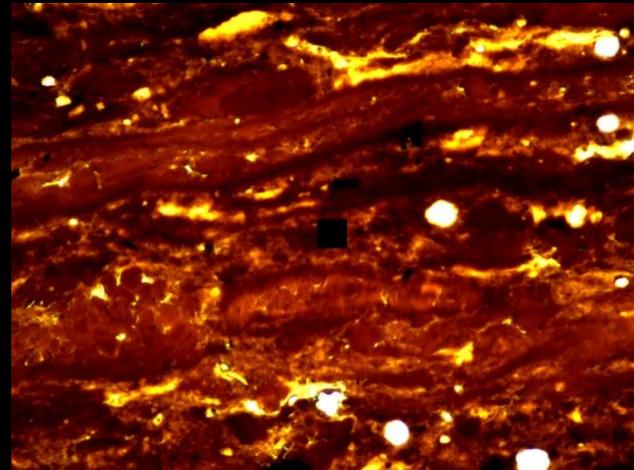
Антрацит

Телинит (структурный витринит)

Видна исходная структура
древесной ткани - ксиленит

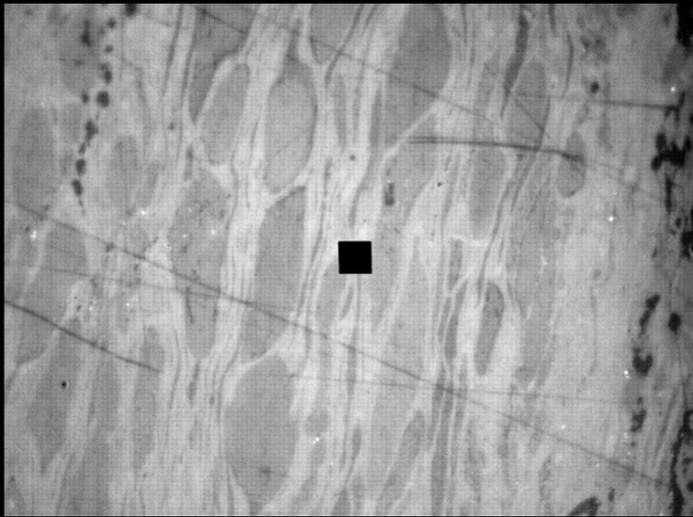


Видна исходная структура
листьевой ткани - паренхимит

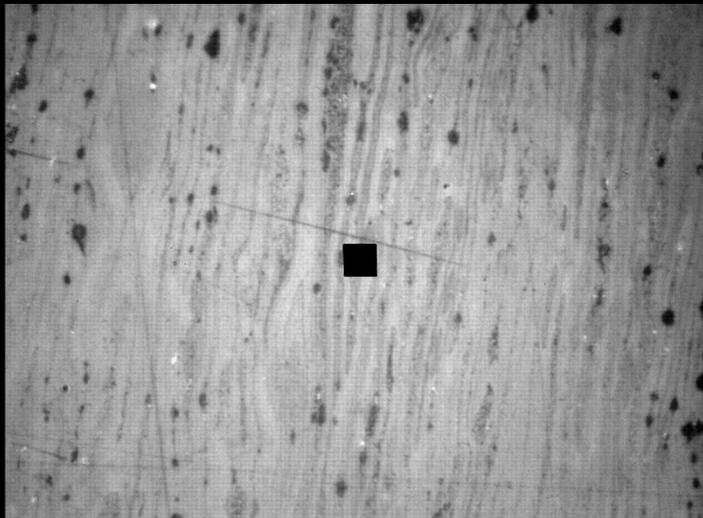


Телинит в отраженном свете

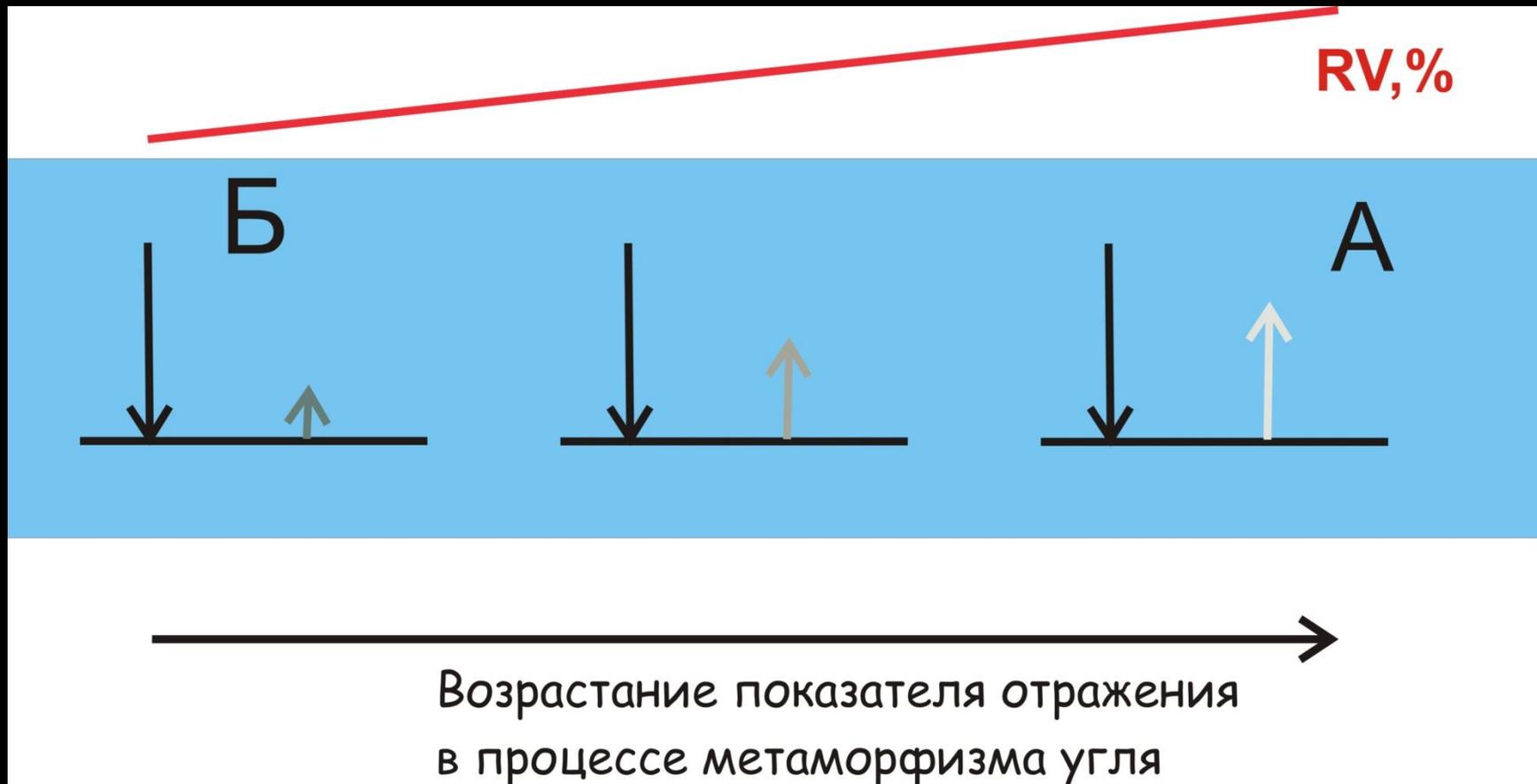
Ксилинит



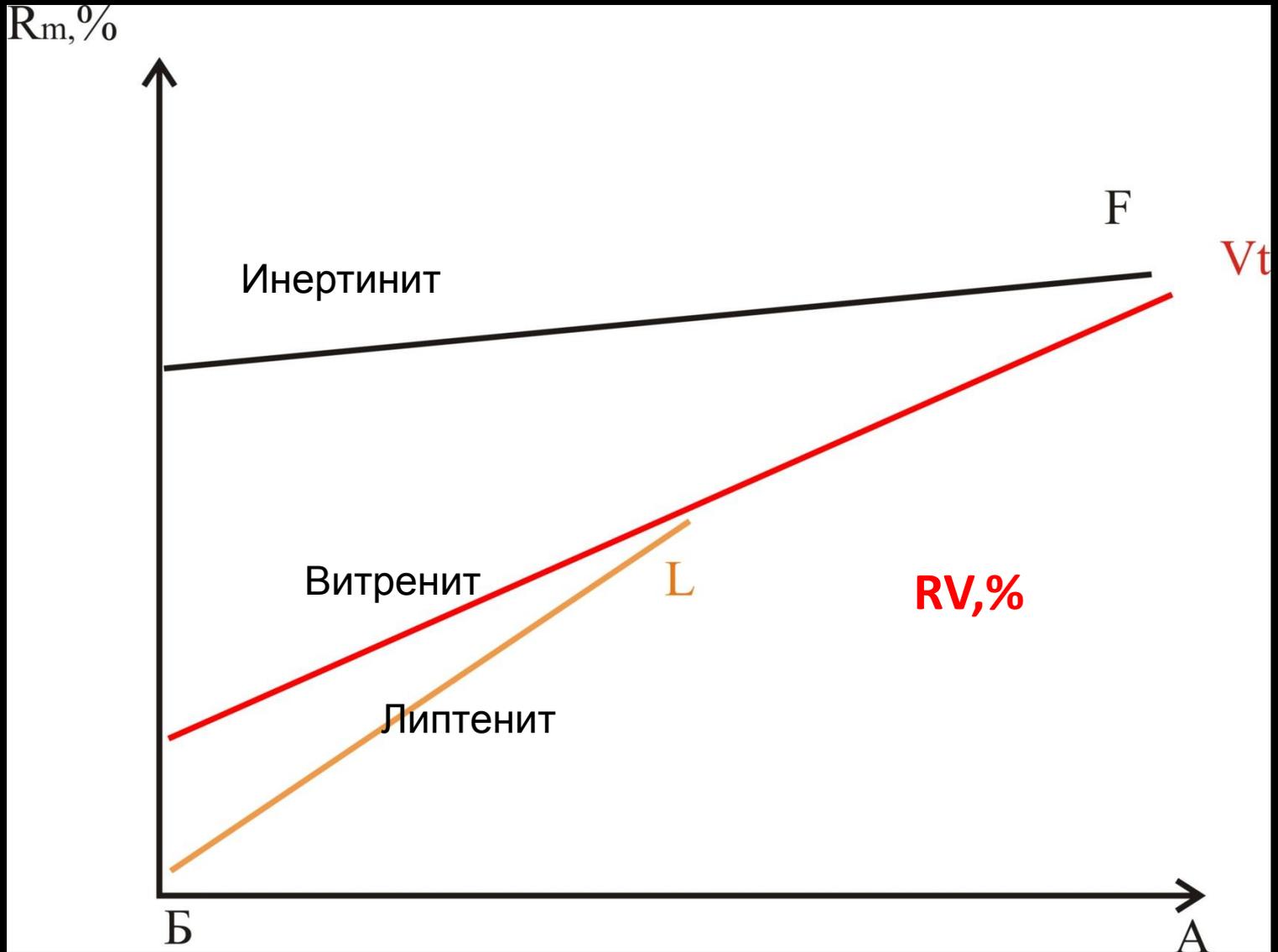
Паренхинит



RV,% КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТАДИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ



ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ (R, %) МАЦЕРАЛОВ



ШКАЛА КАТАГЕНЕЗА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОРОД

Подстадии катагенеза	Градации катагенеза	Отражательная способность витринита		Ориентировочная палеотемпература, °С
		в масле (R ^o)	в воздухе (R ^a)	
Протокатагенез	ПК ₁	До 0,30	5,5–6,0	25–50
	ПК ₂	0,30–0,40	6,0–6,5	50–75
	ПК ₃	0,40–0,50	6,5–7,0	75–90
Мезокатагенез	МК ₁	0,5–0,65	7,0–7,5	90–120
	МК ₂	0,65–0,85	7,5–8,2	120–160
	МК ₃	0,85–1,15	8,2–9,0	160–190
	МК ₄	1,15–1,55	9,0–9,8	190–215
	МК ₅	1,55–2,05	9,8–10,7	215–235
Апокатагенез	АК ₁	2,05–2,50	10,7–11,5	Более 240
	АК ₂	2,50–3,50	11,5–13,0	
	АК ₃	3,50–4,70	13,0–14,5	
	АК ₄	4,70 и более	14,5 и более	

СТАДИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗУЮЩИХСЯ УВ СИСТЕМ

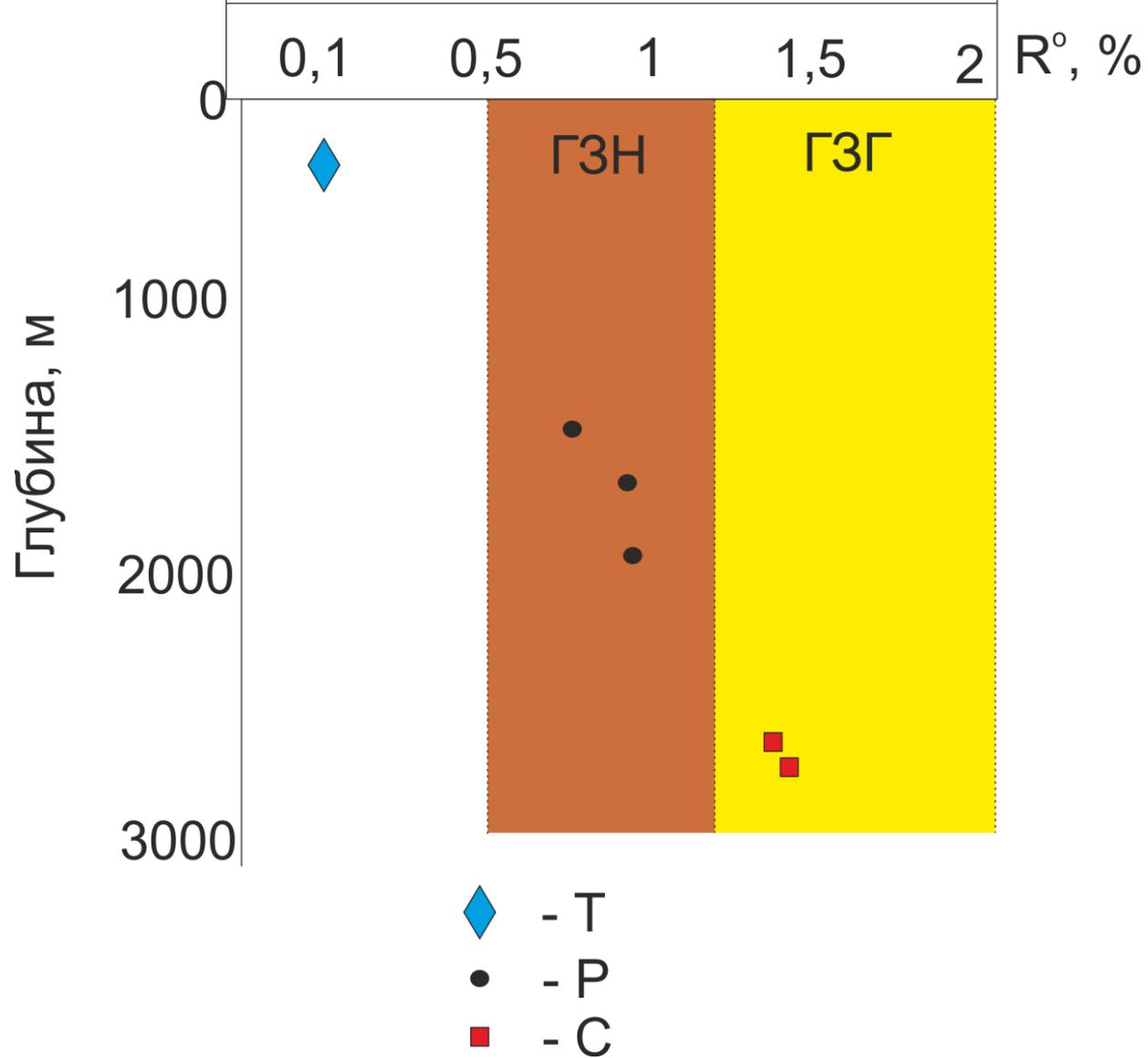
Градации (по Н.Б. Вассоевичу)	Значения R_o , %	Характеристика генерируемых УВ систем
ПК ₁ –ПК ₃	0,25–0,50	Стадия незрелого ОВ пород. Фаза генерации низкотемпературных биогенных газов
МК ₁ –МК ₃	0,50–1,15	Главная фаза нефтеобразования (ГФН)
МК ₄	1,15–1,55	Поздняя стадия ГФН, начало генерации газоконденсатов
МК ₅	1,55–2,05	Газоконденсаты и жирные газы
АК ₁ –АК ₂	Более 2,05	Высокотемпературные сухие газы (СН ₄ , Н ₂ С, СО ₂)

ПРИМЕР ВАРИАНТА

№№ п/п	Возраст	Глубина, м	Литология	Отражательная способность витринита, Ro, %	Палеотемпература, Co	Стадия катагенеза
1	2	3	4	5	6	7
1	T ₃	3809	алевролит	0,43		
2	T ₃	3010,15	алевролит			
3	T ₃	3010,54	известняк			
4	T ₃	3010,95	известняк			
5	T ₃	3011,15	известняк			
6	T ₃	3012	известняк			
7	T ₃	3012,57	известняк			
8	T ₂	3013,21	известняк			
9	T ₂	3014,26	известняк глинистый			
10	T ₂	3015,35	известняк глинистый			
11	T ₁	3016	известняк			
12	T ₁	3017,51	известняк глинистый	0,49		
13	T ₁	3018,12	известняк глинистый			
14	P ₂	3019,1	известняк глинистый			
15	P ₂	3020,5	глина			
16	P ₂	3021,45	глина	0,5		
17	P ₂	3022,2	известняк глинистый			
18	P ₂	3023,4	известняк доломитизированный			
19	P ₂	3023,85	известняк доломитизированный			
20	P ₁	3041,22	известняк доломитизированный			
21	P ₁	3042,45	доломит			
22	P ₁	3042,95	доломит			
23	P ₁	3043,32	аргиллит	0,86		
24	P ₁	3043,9	аргиллит			
25	P ₁	3044,25	аргиллит			

Стадии и подстадии литогенеза

Градации



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!