

**Рассеяное органическое  
вещество, сапропелевое и  
гумусовое органическое  
вещество**

**Scattered organic matter**

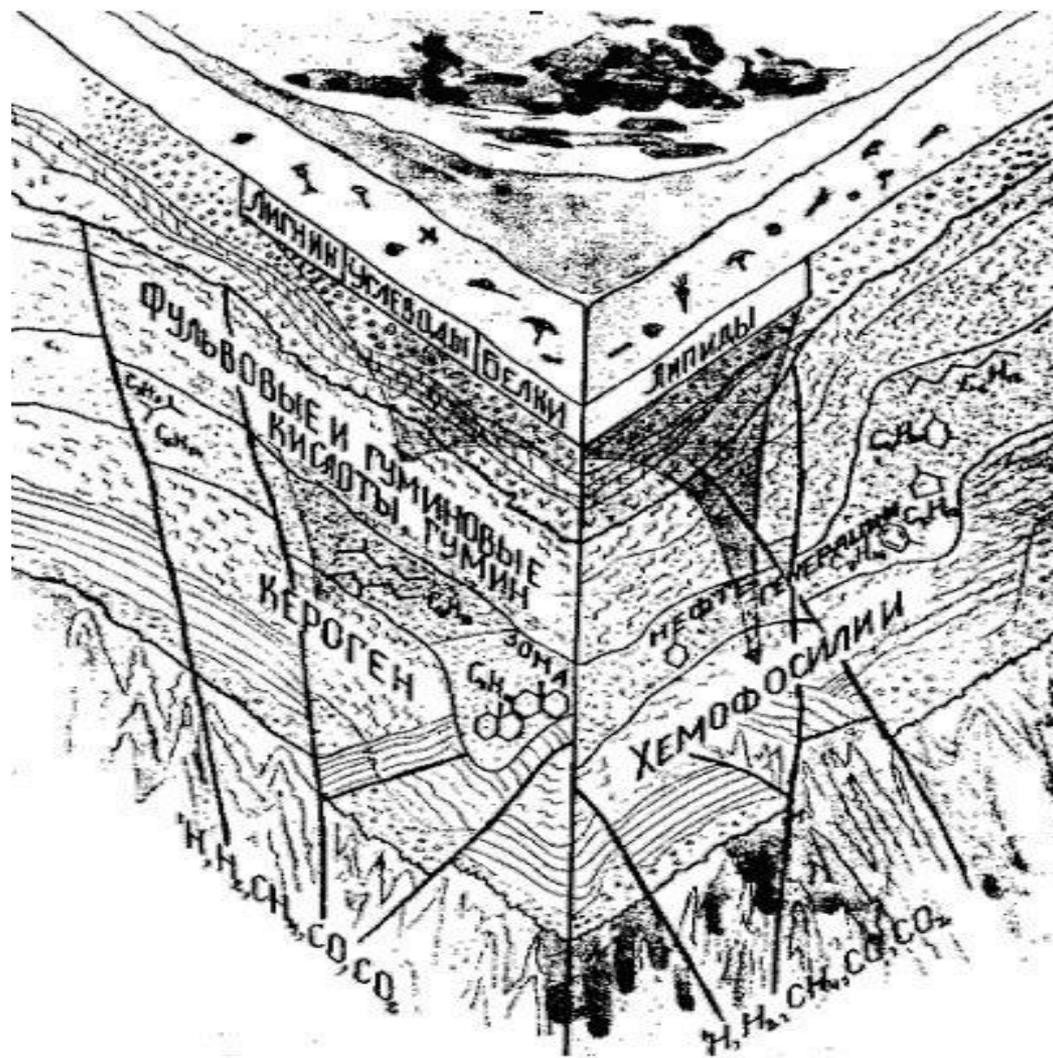
**Sapropelic and humus organic matter**

В составе грунтов (как правило, осадочных) достаточно часто присутствуют органические вещества и органо-минеральные комплексы. Органическое вещество возникает прямо или косвенно из живого вещества или продуктов его жизнедеятельности.

Сапропелевое органическое вещество образуется в основном за счёт органической массы фито-, зообентоса и планктона морских и пресноводных водоёмов. Гумусовое органическое вещество формируется преимущественно из остатков высшей растительности и почвенных микроорганизмов.



Термин **кероген** первоначально относился к органическому веществу горючих сланцев, выделяющему сланцевую смолу при нагревании. Позднее под этим термином стали понимать все рассеянное органическое вещество осадочных пород, нерастворимое в неокисляющих кислотах, щелочах и органических растворителях. **Кероген**, являющийся предшественником большей части нефти и газа, по своему происхождению может быть морским, терригенным и переотложенным. Терригенный кероген



**kerogen**

# Типы керогена и генерируемые им углеводороды

| Среда    | Тип керогена  | Форма керогена   | Происхождение   | Продукт                       |
|----------|---|------------------|---|-------------------------------|
| Водная   | I   | Альгинит         | Водоросли   | Нефть                         |
|          |   | Аморфный кероген | Разложившиеся водоросли                                 |                               |
|          | Разложившийся планктон преимущественно морского происхождения |                  |   |                               |
| Наземная | II  | Экзинит          | Споры и пыльца, кутикулы листьев и травянистых растений | Газ с небольшим кол-вом нефти |
|          |   |                  | Растительные остатки и коллоидная гуминовая масса       |                               |
|          | III   | Витринит         | Растительные остатки и коллоидная гуминовая масса       | Нет                           |
|          | IV  | Инертит          | Окисленные остатки древесного происхождения             |                               |

# СОЗРЕВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Количество нефти, генерируемой материнской породой, зависит от подверженности керогена деградации и от температурно-временных условий. В природе **кероген** обычно представлен смесью его разных типов и выход углеводородов зависит от того, какой тип керогена доминирует в этой смеси.

Микроскопическое изучение в проходящем свете керогена, свободного от минеральной массы, весьма полезно при определении нефте- и газогенерационной способности образца. Если преобладает аморфный кероген, следует ожидать относительно высокого выхода нафтеновой нефти. Если доминирует древесный кероген, должен быть относительно низкий выход парафиновой нефти. Оба этих керогена с увеличением степени зрелости будут давать возрастающее количество конденсата и газа.

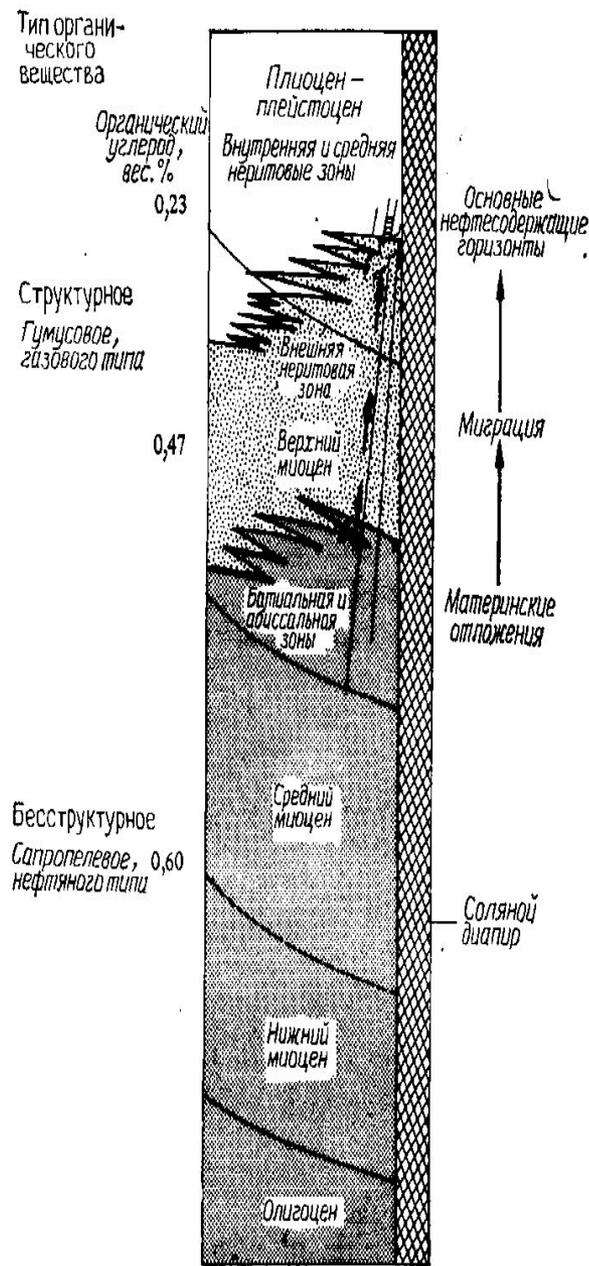
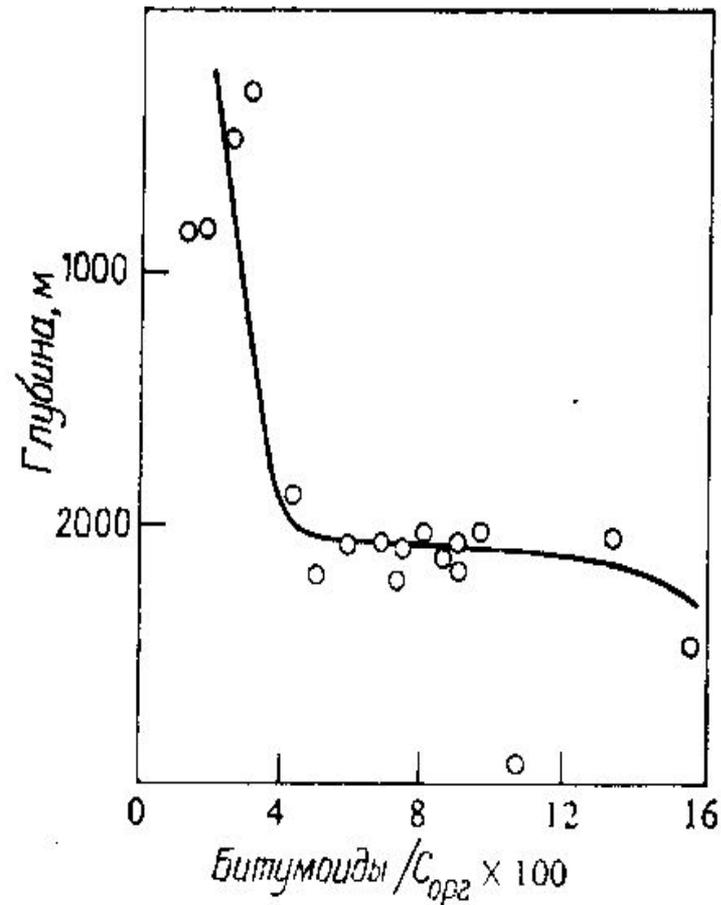
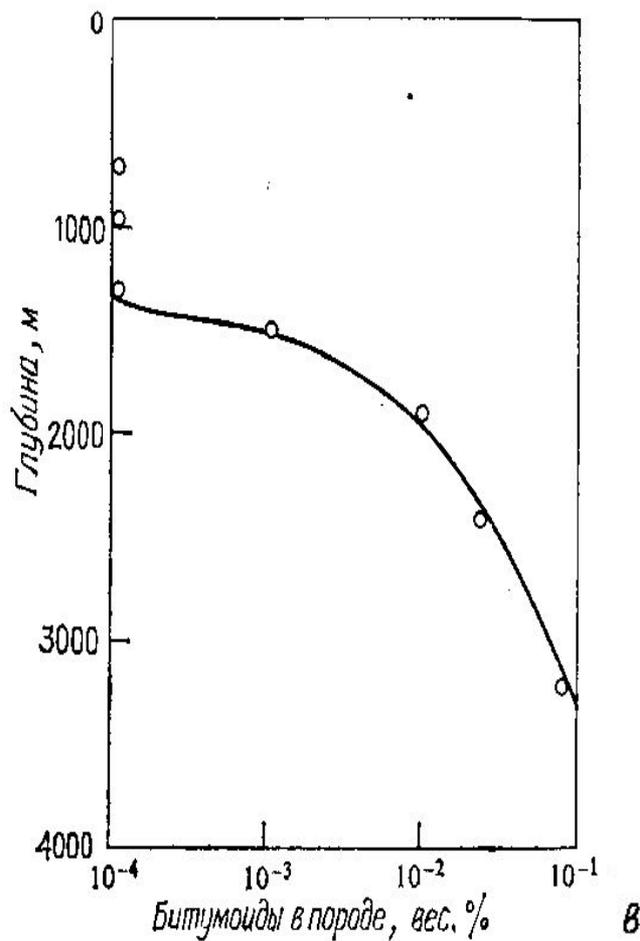
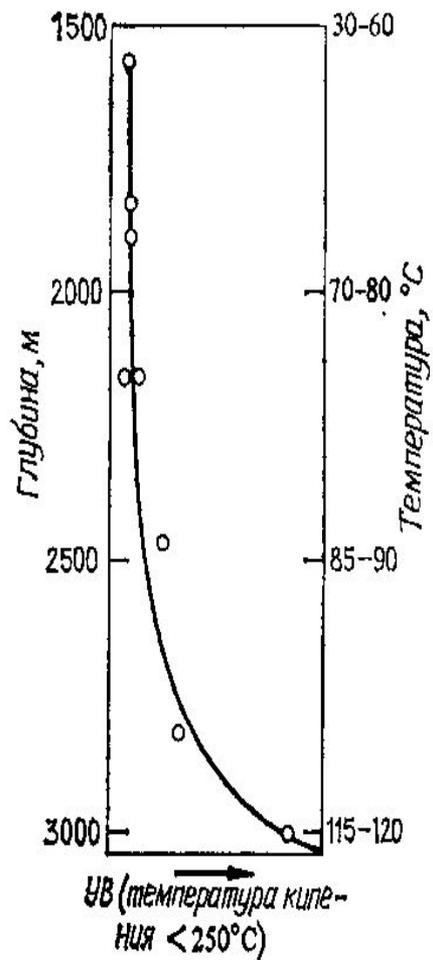


Рис. 7-8. Детальный разрез участка мористее прохода Саут-Уэст, Луизиана (по Доу и Пирсону [168]).

Связанная с диапиром система разломов и трещин способствует вертикальной миграции углеводородов из батинальных материнских отложений в неритовые коллекторы.



а

б

в

Рис. 7-11. Примеры, показывающие изменение порога интенсивной генерации углеводородов, или битумоидов, с глубиной.

а — углеводороды бензинов верхнеюрских—нижнемеловых глинистых пород Западной Сибири (по Иванцовой и Шапиро, б —\* битумоиды в юрских глинах восточного Предкавказья (по Конюхову и Теодоровичу в — битумоиды глин бассейна Карнарвон

# Органические вещества в осадочных породах



**Микрофотография угля  
в отраженном свете**

## Кероген

Органическое соединение, содержащееся в осадочных породах; не растворяется в неокисляющих кислотах, щелочах и органических растворителях

## Витринит

Нефлюоресцентное органическое вещество древесного происхождения

Отражающая способность витринита является основным показателем для определения степени углефикации и термальной зрелости материнской породы.



## Отражающая способность витринита

- Процент падающего света, отраженный от поверхности частичек витринита
- Обозначается  $\%R_o$
- Связь  $\%R_o$  и генерации углеводорода зависит от химии витринита и керогена
- Границы зон нефти и газа могут быть определены по данным  $\%R_o$
- Границы зависят от типа керогена



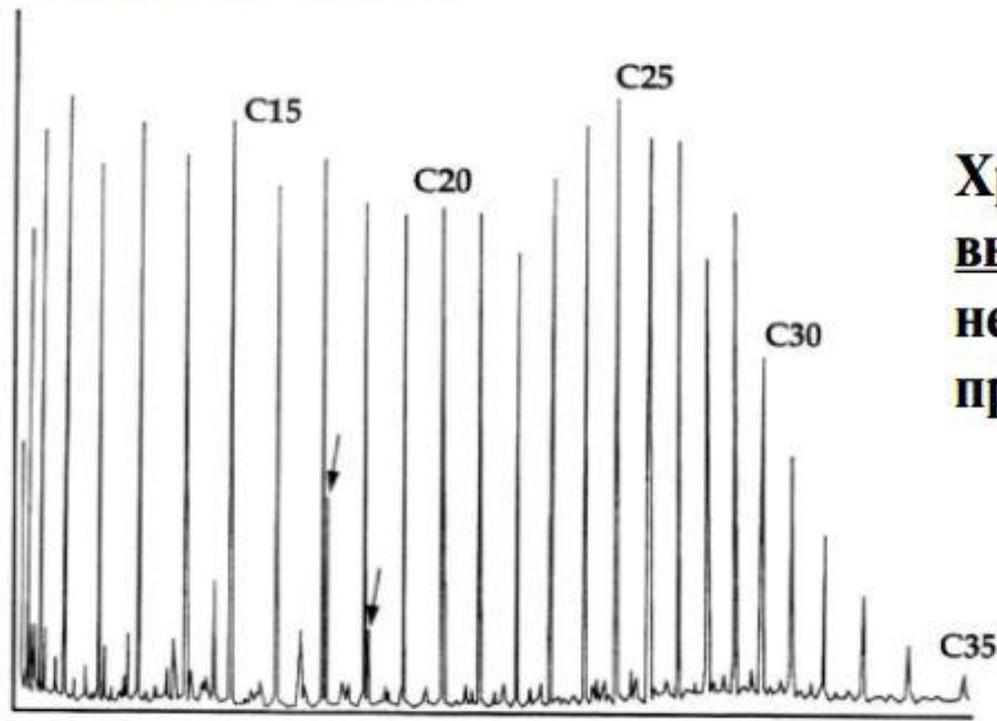
# Пиролиз

- **Лабораторные измерения максимальной температуры**
- **Образец помещается в запечатанный контейнер и последовательно нагревается до 550°C в инертной атмосфере**
- **$S_1$  — углеводород улетучивается**
- **$S_2$  — кероген спекается или подвергается пиролизу путем крекинга или разрыва химических связей**
- **$S_3$  — дегазирует захваченный  $CO_2$**



# Идентификация типов углеводородов

Газовая хроматография используется для определения концентраций углеводородных КОМПОНЕНТОВ



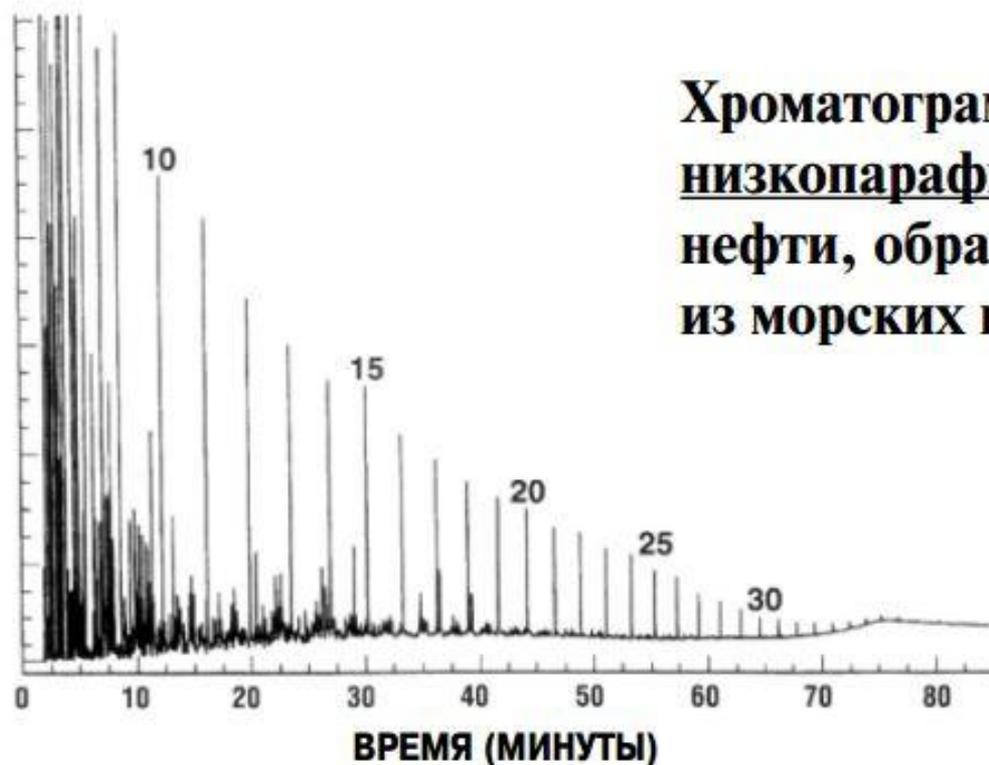
Хроматограмма высокопарафинистой нефти континентального происхождения

— Время —>



# Идентификация типов углеводородов

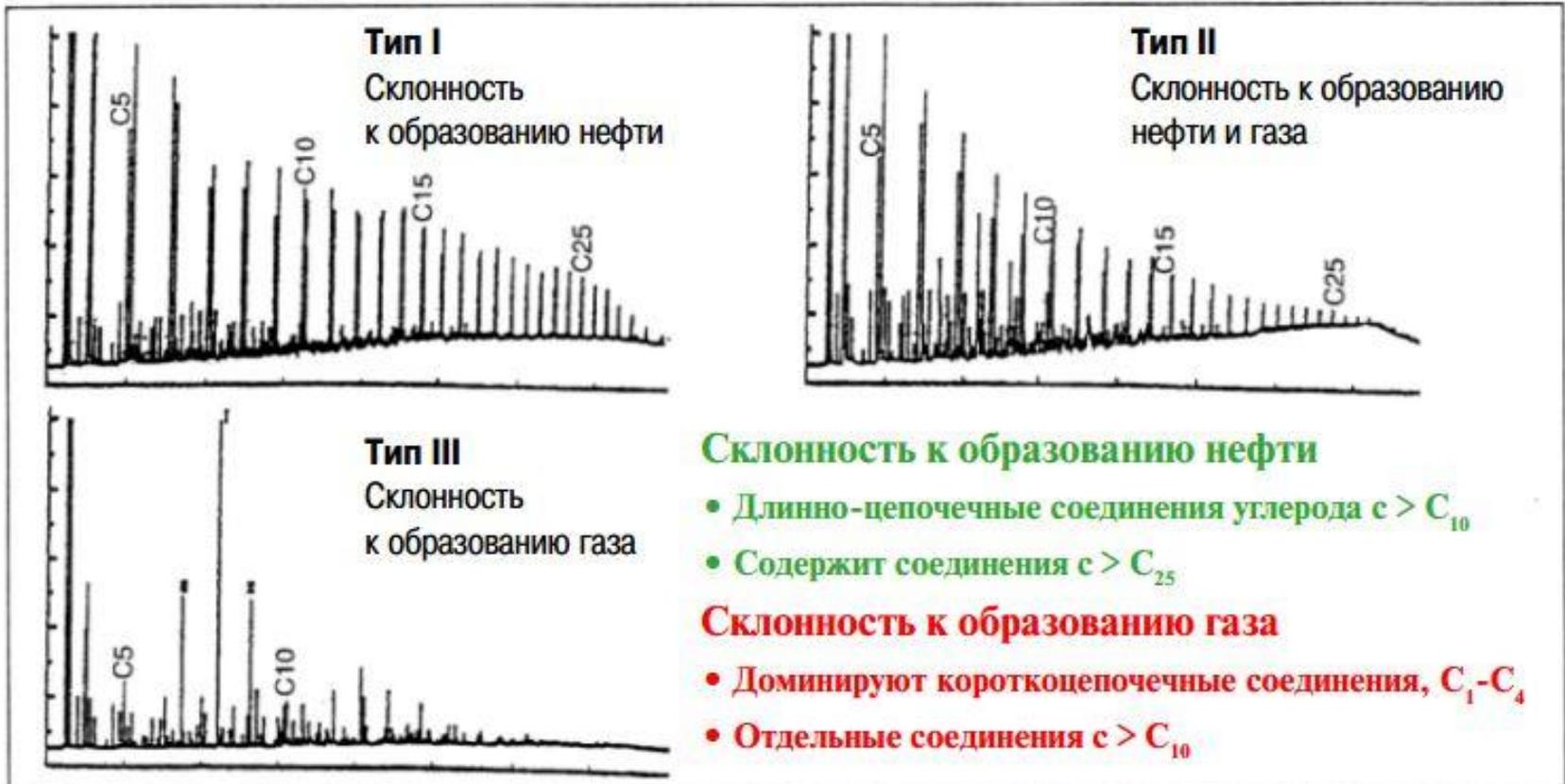
Газовая хроматография используется для определения концентраций углеводородных компонентов



Хроматограмма  
низкопарафинистой  
нефти, образовавшейся  
из морских водорослей



# Идентификация типов углеводородов

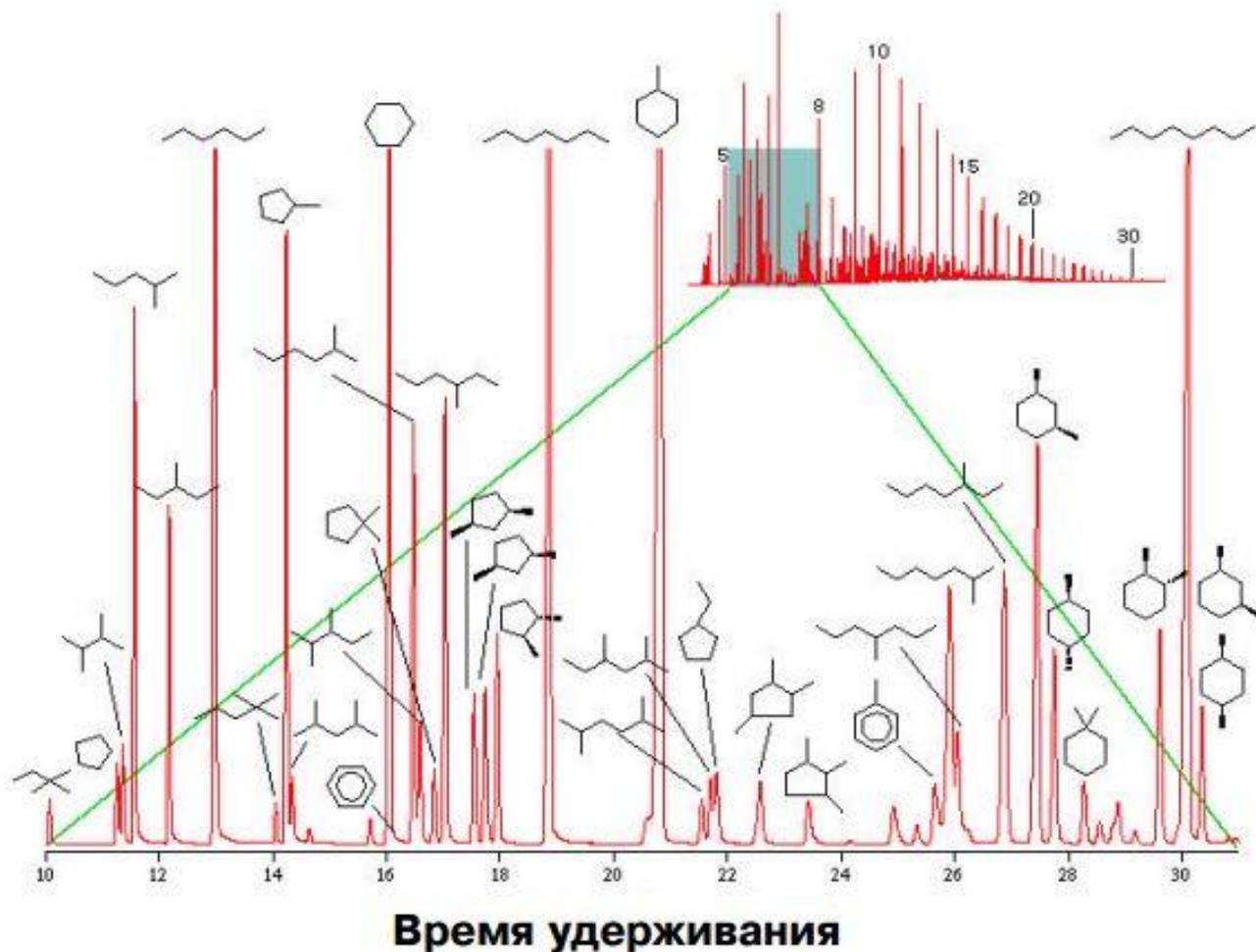




# Биомаркеры — корреляция материнских пород с нефтью в коллекторе

Отдельные компоненты определены с помощью GS-MS\*

\*Газовая хроматография — масс-спектрометрия



**Нефтематеринские**  
**породы и нефтеносные**  
**СИСТЕМЫ**

**Source bed and**  
**oil-bearing system**

# Определение нефтеносной системы

**Нефтеносная система — это динамичная нефтепроизводящая система, функционирующая в геологическом пространстве и времени.**

**Нефтеносная система образуется при соблюдении ряда геологических условий, а именно:**

- **Зрелая материнская порода**
- **Выжимание микронефти**
- **Вторичная миграция**
- **Скопление нефти**
- **Удержание нефти**

# **Нефтематеринские породы**

**– это карбонатно-глинистые породы, обогащённые рассеянным органическим веществом (РОВ), которые накапливались в областях длительного прогибания в слабовосстановительных или восстановительных условиях.**

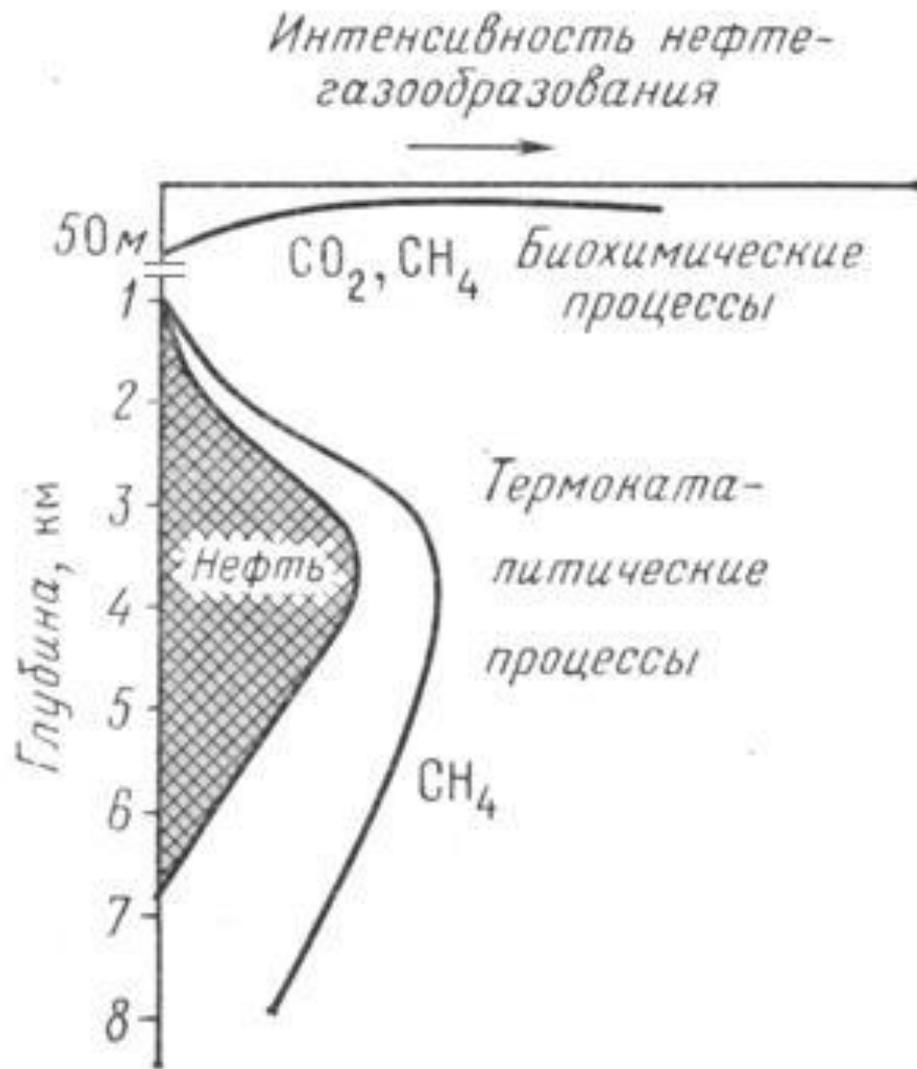
- Не всегда отложения, содержащие органические вещества, реализуют свои возможности генерировать нефть и газ. Поэтому различают нефтематеринские толщи:

Потенциальные **potential**

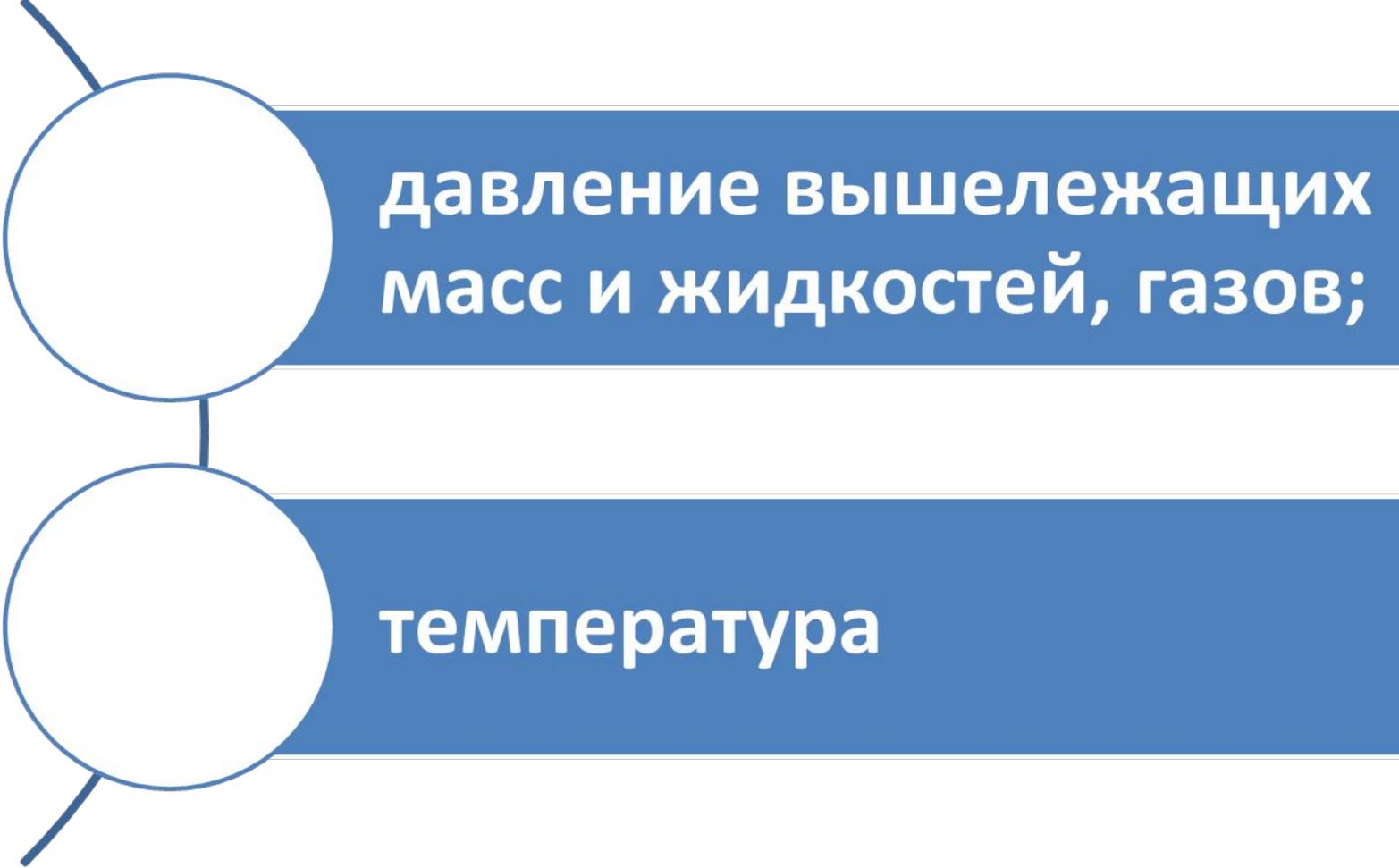
Производящие **generating**

**Дискуссионным является вопрос о том, на какой стадии литогенеза потенциально нефтематеринские толщи становятся нефтегенерирующими. Учёные считают, что именно в процессе катагенеза и происходит преобразования рассеянного органического вещества в нефть. Это происходит не равномерно, а с четко выраженными максимумами, которые называют –главная фаза нефтеобразования и главная фаза газообразования(термокаталитические процессы)**

# Интенсивность нефтегазообразования в осадочных породах.



# Основными факторами в этом метаморфизме являются:



давление вышележащих масс и жидкостей, газов;

температура

# ***Нефтегазоносные комплексы***

**(НГК) представляют собой комплексы пород осадочного чехла и верхней части фундамента нефтегазоносных провинций, имеющие относительно единые условия формирования и преобразования пород, ОВ и месторождений нефти и газа, а также единые гидродинамические условия.**

***Oil and gas complexes***

# **НГК характеризуются следующими показателями:**

**1) литологическим составом и возрастом пород;**

**2) толщиной и площадью распространения (объёмом);**

**3) соотношением коллекторов и флюидоупоров, нефтегазопроизводящих и продуктивных пород;**

**4) гидрогеологическими условиями;**

**5) генетическими и морфологическими типами ловушек;**

**6) условиями залегания и закономерностями размещения залежей нефти и газа.**

# Классификации нефтегазоносных комплексов:

*Первично-нефтегазоносные, или сингенетичные, НГК* состоят из нефтегазопроизводящих пород, пород-коллекторов и перекрывающих их региональных флюидоупоров. Снизу такие комплексы изолированы крышкой нижележащего регионального нефтегазоносного комплекса или породами фундамента.

*syngenetic*

**Во вторично-нефтегазоносных, или эпигенетических, НГК нефтегазопроизводящие породы отсутствуют, обладают малой продуктивностью или ещё не достигли главной зоны нефтеобразования. УВ поступают в них из сингенетических комплексов в результате вертикальной миграции по проницаемым зонам. Масштаб нефтегазоносности эпигенетических НГК находится в прямой зависимости от производящего потенциала нижележащего сингенетического комплекса и экранирующих свойств его покрывки**

***В смешанных, или эписингенетичных, НГК залежи содержат как сингенетичные УВ, так и УВ мигрировавшие из других комплексов.***

***epi syngenetic***

# По распространению НГК разделяются на:

- Региональные **regional**
- Субрегиональные **Subregional**
- Зональные **Zonal**
- Локальные **Local**

**Стадийность процессов  
отложения, преобразования,  
миграции, аккумуляции,  
деградации УВ**

**Stages of the processes of sediments,  
transformation, migration,  
accumulation and degradation  
of hydrocarbon**

2016г.

**Стадийность процессов накопления,  
преобразования, миграции, аккумуляции,  
деградации УВ**

***.Отложение РОВ***

***.Преобразование РОВ в жидкие и  
газообразные УВ (t, P, геол.время)***

***.Миграция УВ - первичная – вторичная***

***.Аккумуляция УВ***

***.Дегградация залежей***

| <b>Стадии преобразования ОВ в УВ</b> | <b>Геологические условия среды нахождения ОВ в УВ</b>   | <b>Источники энергии преобразования ОВ в УВ</b>  | <b>Состояние ОВ и УВ и формы нахождения последних</b>   |
|--------------------------------------|---|--|---|
| <b>Накопление ОВ</b>                 | <b>Водная среда с анаэробной геохимической обстановкой; застойный палеогидрогеологический режим; пониженная сульфатность; накопление и захоронение ОВ в процессе осадконакопления</b> | <b>Геостатическое давление (уплотнение породы); биохимическое воздействие микроорганизмов и ферментов, каталитическое воздействие минералов; нисходящие тектонические движения (устойчивое прогибание)</b>                             | <b>Исходное ОВ осадков в диффузно-рассеянном состоянии</b>  |
| <b>Генерация УВ</b>                  | <b>Породы различного состава, содержащие потенциально нефтегазоматеринские толщи; аэробная геохимическая среда; застойный палеогидрогеологический режим</b>                           | <b>Геостатическое давление (устойчивое интенсивное прогибание); повышенный тепловой поток; внутренняя химическая энергия ОВ, связанная с его молекулярной перестройкой в УВ нефтяного ряда; радиоактивные минералы вмещающих пород</b> | <b>УВ нефтяного ряда на стадии диагенеза и катагенеза осадков в рассеянном состоянии. УВ в свободном водогазорастворенном состоянии</b> |

# Накопление органического вещества

Накопление ОВ происходит в диффузно-рассеянной форме в водной среде. Затем приходит постепенное захоронение ОВ в осадке в анаэробной геохимической обстановке.

Необходимые для преобразования захороняемого ОВ условия среды: устойчивое прогибание рассматриваемой части бассейна седиментации. Основные источники энергии: геостатическое давление, биохимическое воздействие микроорганизмов и ферментов.

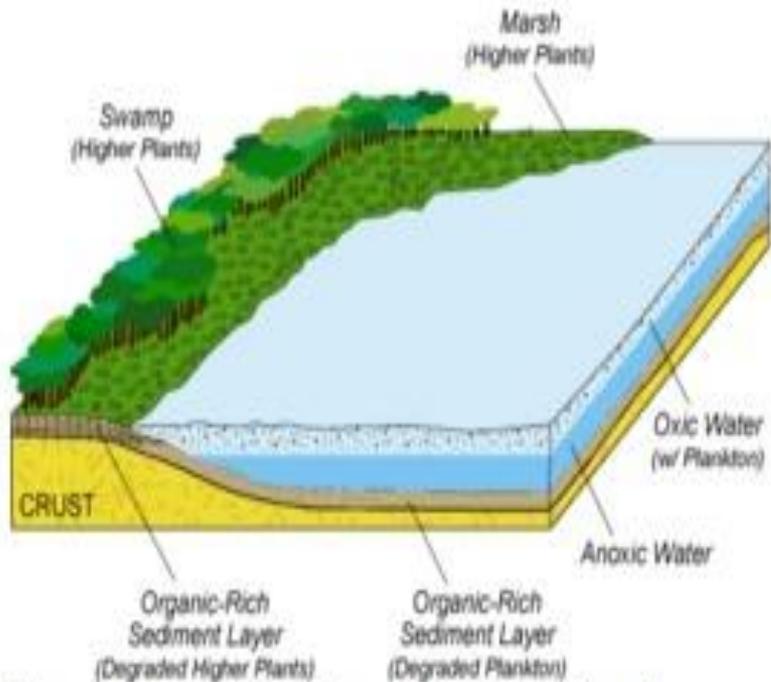
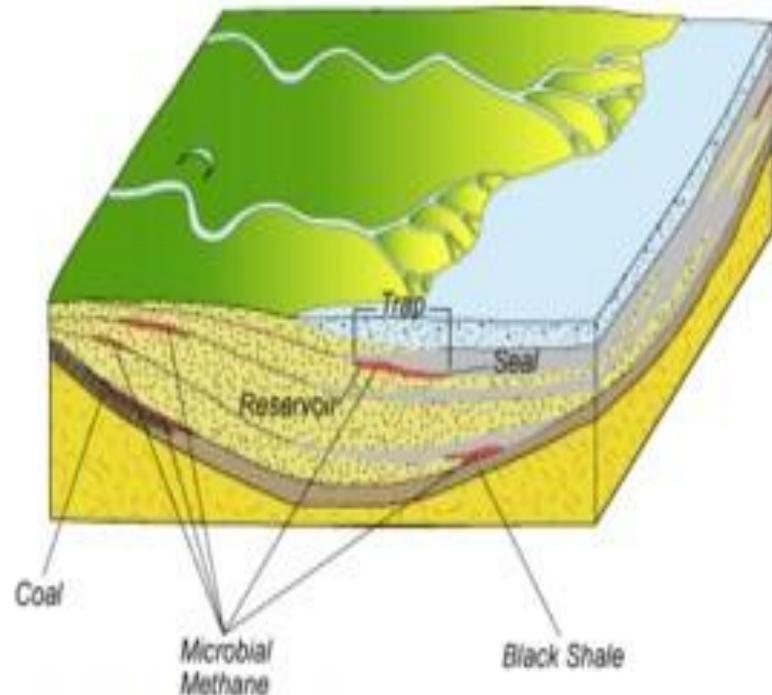
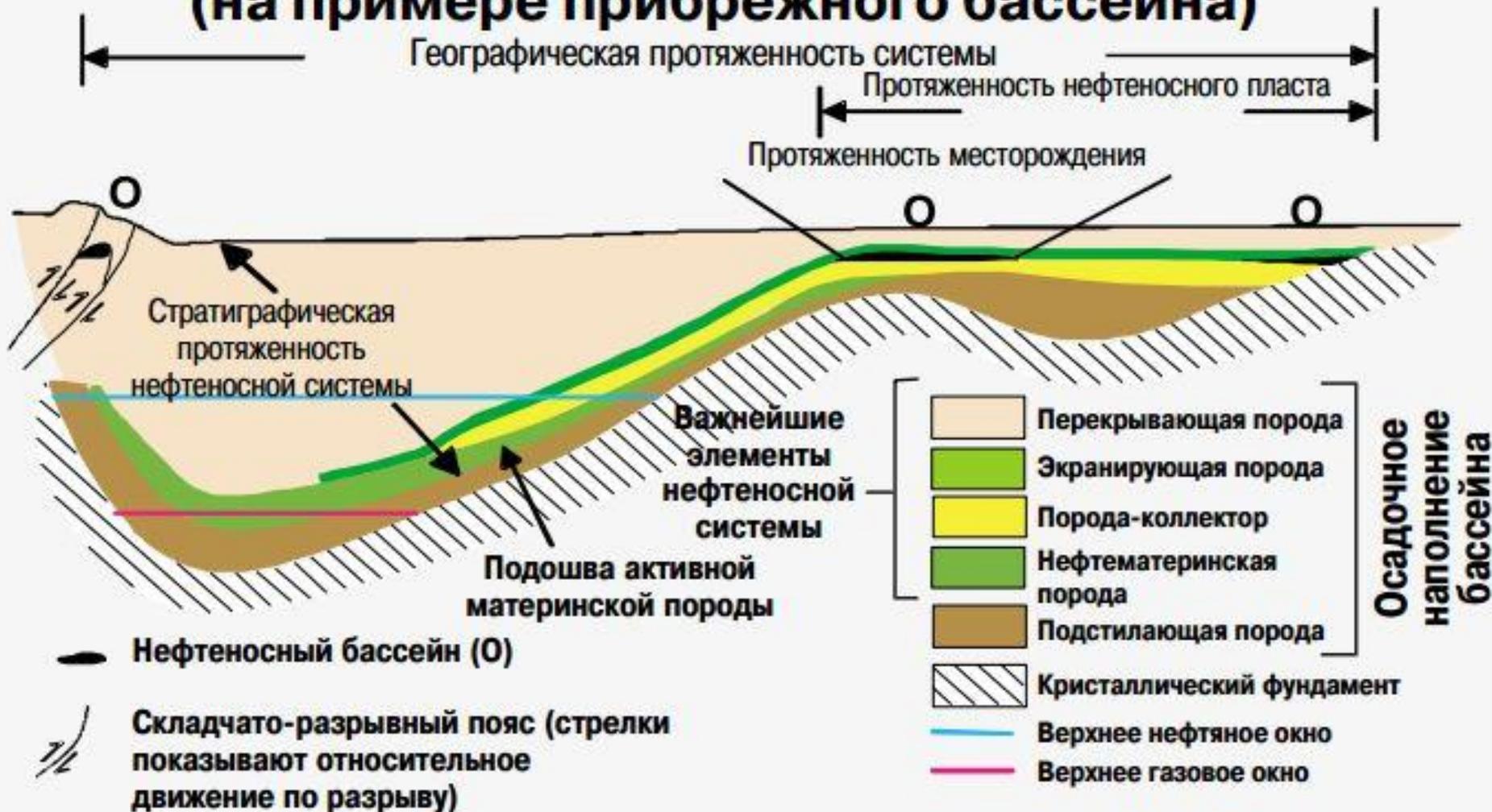


Figure 2: Formation of organic-rich sediment



# Нефтеносная система в разрезе (на примере прибрежного бассейна)



oil basin

# Интерпретация содержания общего органического углерода (ОУУ)

(основанная на данных о зрелости нефтяного окна)

Потенциал  
генерации  
углеводородов

ОУУ в глине  
(масс. %)

ОУУ в карбонатах  
(масс. %)

Плохой

0,0 -0,5

0,0-0,2

Средний

0,5 -1,0

0,2-0,5

Хороший

1,0 -2,0

0,5-1,0

Очень хороший

2,0 -5,0

1,0-2,0

Отличный

>5,0

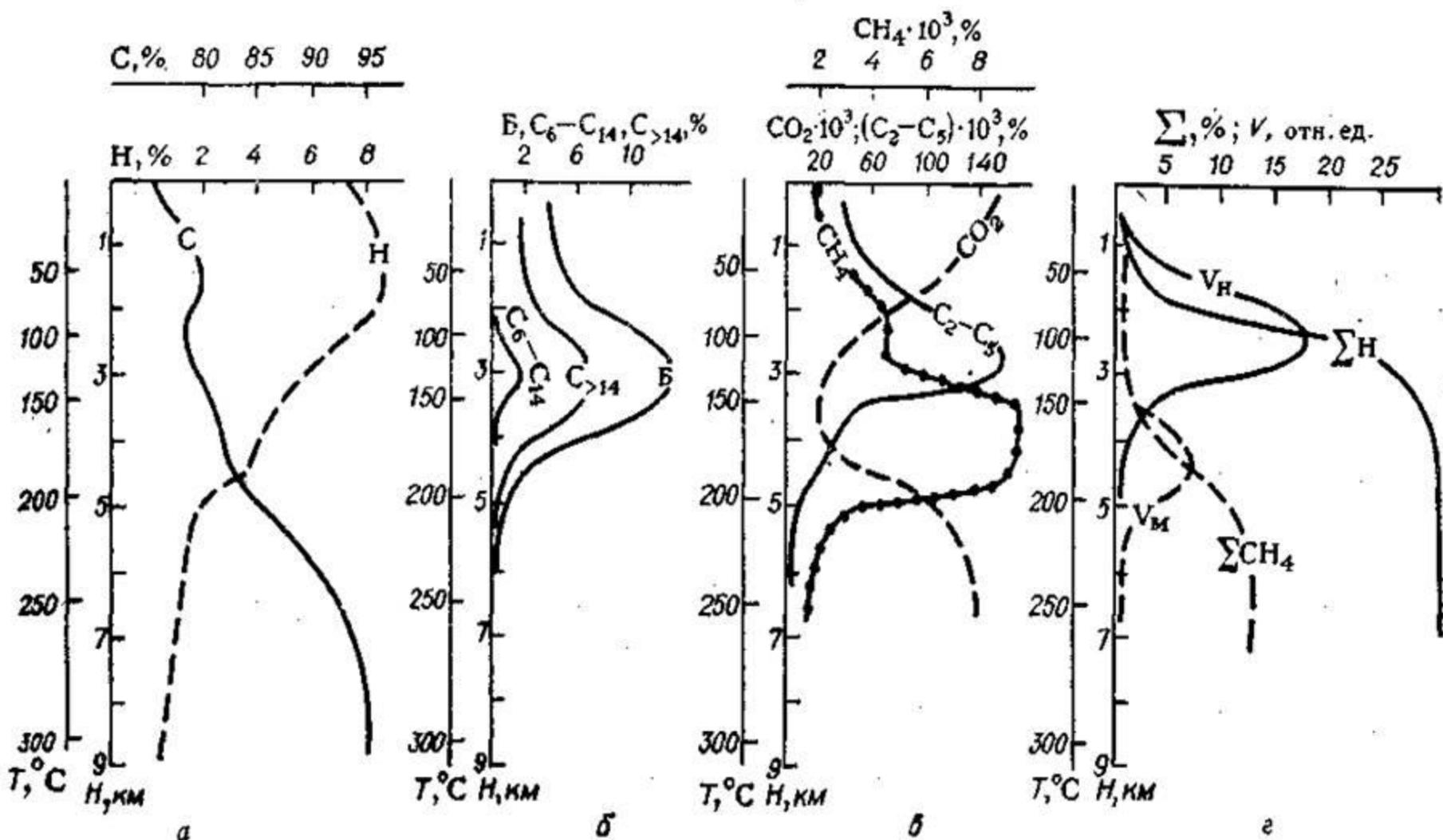
>2,0

**total organic carbon**

**Главные факторы преобразования ОВ на различных стадиях и этапах литогенеза: температура, давление, микроорганизмы, радиоактивность, неорганические катализаторы.**

| <b>Глубина погружения пласта, м</b> | <b>Стадия трансформации органического вещества</b> |
|-------------------------------------|--|
| 1500                                | Кероген  |
| 2000                                | Тяжелая нефть                                      |
| 2500                                | Средняя нефть                                      |
| 3000                                | Легкая нефть                                       |
| 3500                                | Жирный газ   |
| 3500                                | Сухой газ  |

**Kerogen  
heavy crude  
average oil  
light crude  
rich gas  
dry gas**



Преобразование органического вещества осадочных пород (а — в) и генерация нефти и газа (г) при росте глубины погружения (H) и температуры (T): C — содержание в органическом веществе углерода; H — водорода, Б — битумоида;  $\Sigma H$  — генерация нефти;  $\Sigma CH_4$  — генерация метана;  $V_n$  — скорость генерации нефти;  $V_m$  — скорость генерации метана

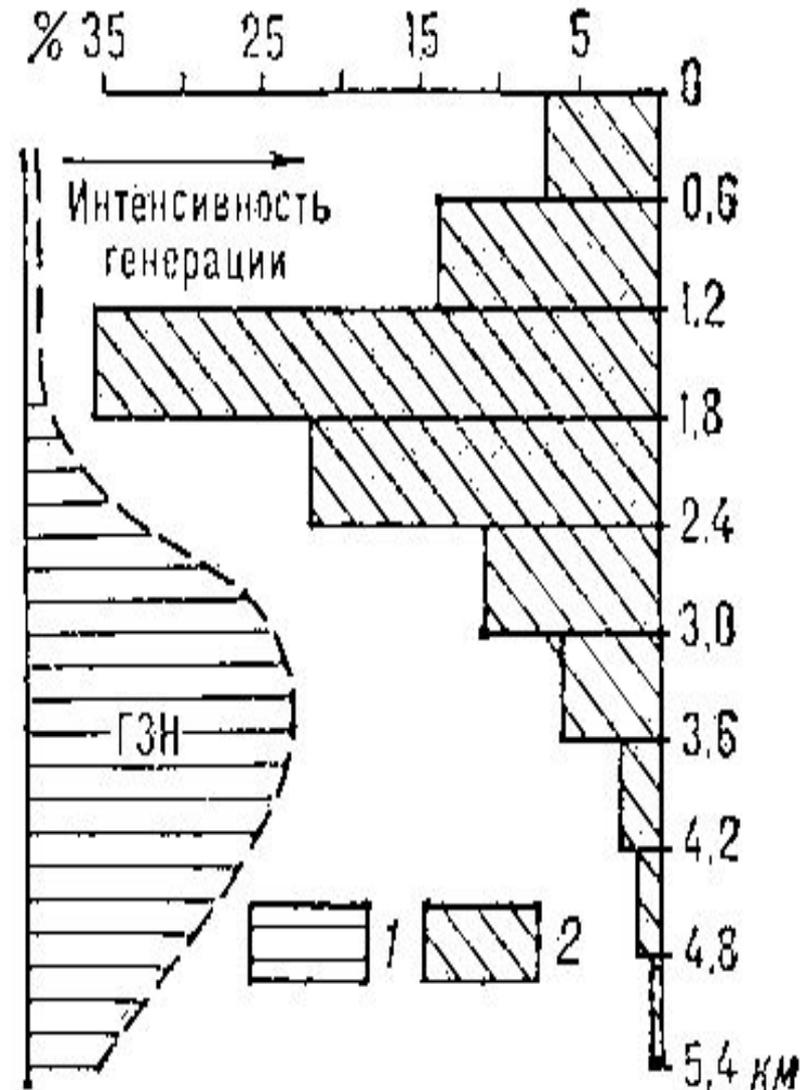
# Генерация УВ

# Generation of hydrocarbon

Здесь происходит постепенное преобразование в осадочных образованиях О В и в У В нефтяного ряда сначала стадий диагенеза, а затем катагенеза.

Необходимые условия среды: восстановительная и слабовосстановительная геохимическая обстановка; устойчивые прогибание бассейна седиментации; сохранение застойного палеогидрогеологического режима.

Основные источники энергии: в геостатическое давление по мере погружения осадка; постепенно возрастающая температура во вмещающих породах; внутренняя химическая и физико-химической энергия ОВ; радиоактивные минералы вмещающих пород.



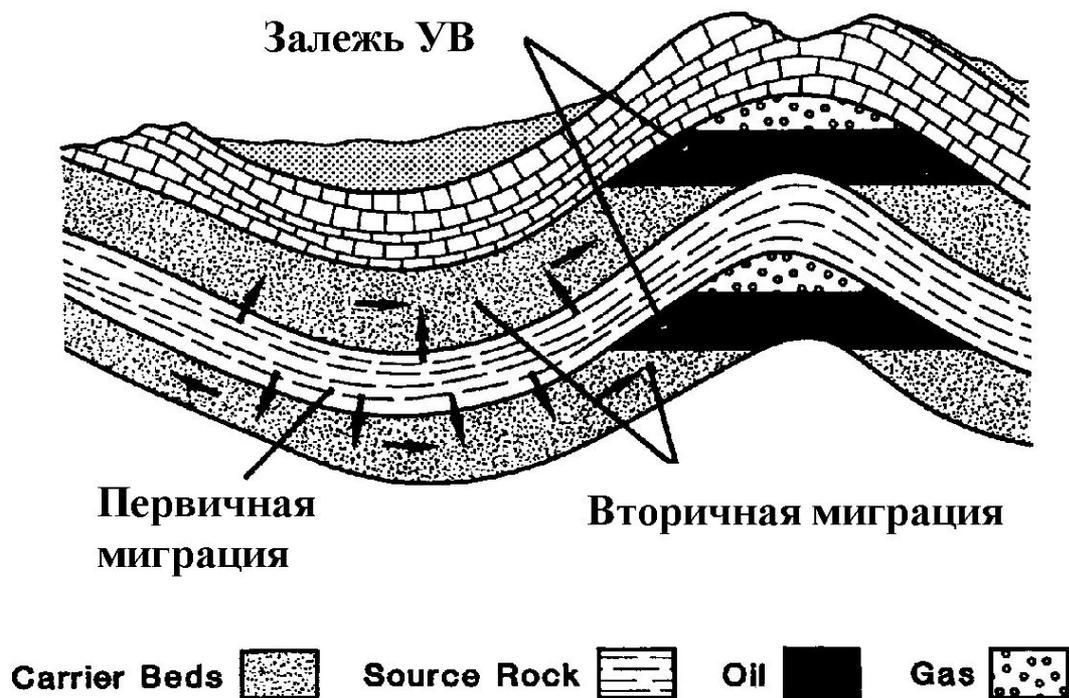
| <b>Стадии преобразования ОВ в УВ</b> | <b>Геологические условия среды нахождения ОВ в УВ</b>  | <b>Источники энергии преобразования ОВ в УВ</b>  | <b>Состояние ОВ и УВ и формы нахождения</b> |
|--------------------------------------|--|--|---|
| <b>Миграция УВ</b>                   | <b>Породы различного состава, обладающие повышенными емкостными и фильтрационными свойствами; анаэробная геохимическая среда</b> | <b>Тектонические движения, проявляющиеся в различных формах; повышенная температура; гравитационные силы, обуславливающие перемещение УВ; геодинамическое давление; гидродинамические процессы, обуславливающие движение флюидов в латеральном и вертикальном направлениях; электрокинетические силы; капиллярные силы, приводящие к вытеснению УВ водой из мелких пор в крупные; молекулярные силы, приводящие к диффузии нефти и газа через горные породы; кристаллизация и перекристаллизация пород-коллекторов</b> |   |

# Миграция УВ

# Hydrocarbon migration

Здесь происходит первичная, а затем вторичная миграция углеводородов из нефтегазопродуцирующих толщ в породы с хорошими коллекторскими свойствами в водогазорастворенном и свободном состояниях.

Необходимые условия среды : наличие в природном резервуаре пород с хорошими коллекторскими свойствами; сохранение восстановительной и слабовосстановительной обстановки; продолжающееся устойчивое прогибание бассейна седиментации.

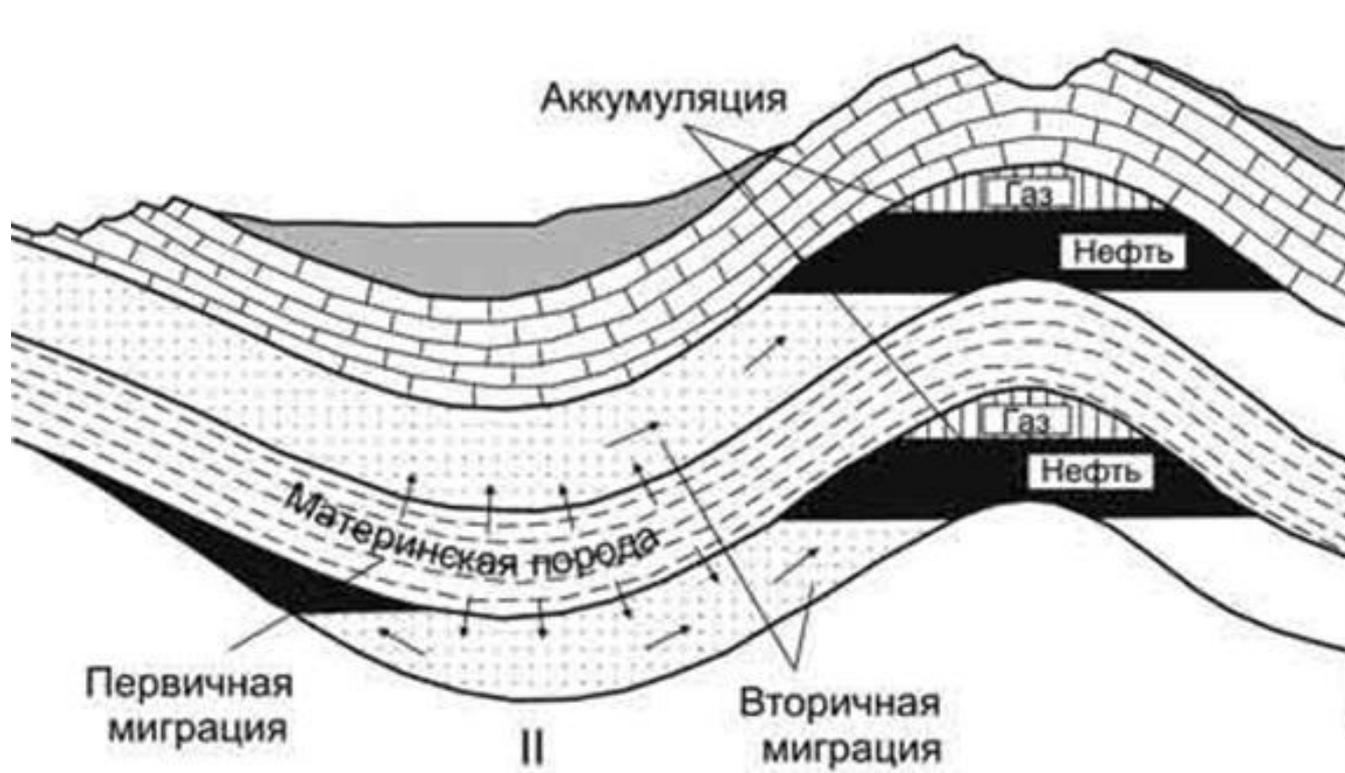


| <b>Стадии преобразования ОБ в УВ</b> | <b>Геологические условия среды нахождения ОБ в УВ</b>  | <b>Источники энергии преобразования ОБ в УВ</b>  | <b>Состояние ОБ и УВ и формы нахождения последних</b> |
|--------------------------------------|--|--|---|
| <b>Аккумуляция УВ</b>                | <p><b>Наличие пород-коллекторов, обладающих повышенными емкостными и фильтрационными свойствами;</b></p> <p><b>анаэробная геохимическая среда; застойный режим пластовых вод; наличие пород-флюидоупоров (покрышек) над коллекторами; наличие региональных и локальных ловушек, благоприятных для аккумуляции УВ</b></p> | <p><b>Тектонические движения, способствующие аккумуляции;</b></p> <p><b>повышенный тепловой поток;</b></p> <p><b>гидродинамические силы;</b></p> <p><b>гравитационные силы;</b></p> <p><b>молекулярные силы, обуславливающие диффузию УВ;</b></p> <p><b>капиллярные силы</b></p> | <b>Скопления УВ</b>                                   |

# Аккумуляция УВ Hydrocarbon accumulation

На этой стадии происходит аккумуляция мигрирующих в коллекторы природного резервуара углеводорода в залежь.

Необходимые условия среды: наличие пород-коллекторов, обладающих повышенными емкостными и фильтрационными свойствами; наличие региональных и локальных ловушек ; наличие пород - флюидоупоров над коллекторами; сохранение восстановительной и слабовосстановительной обстановки.

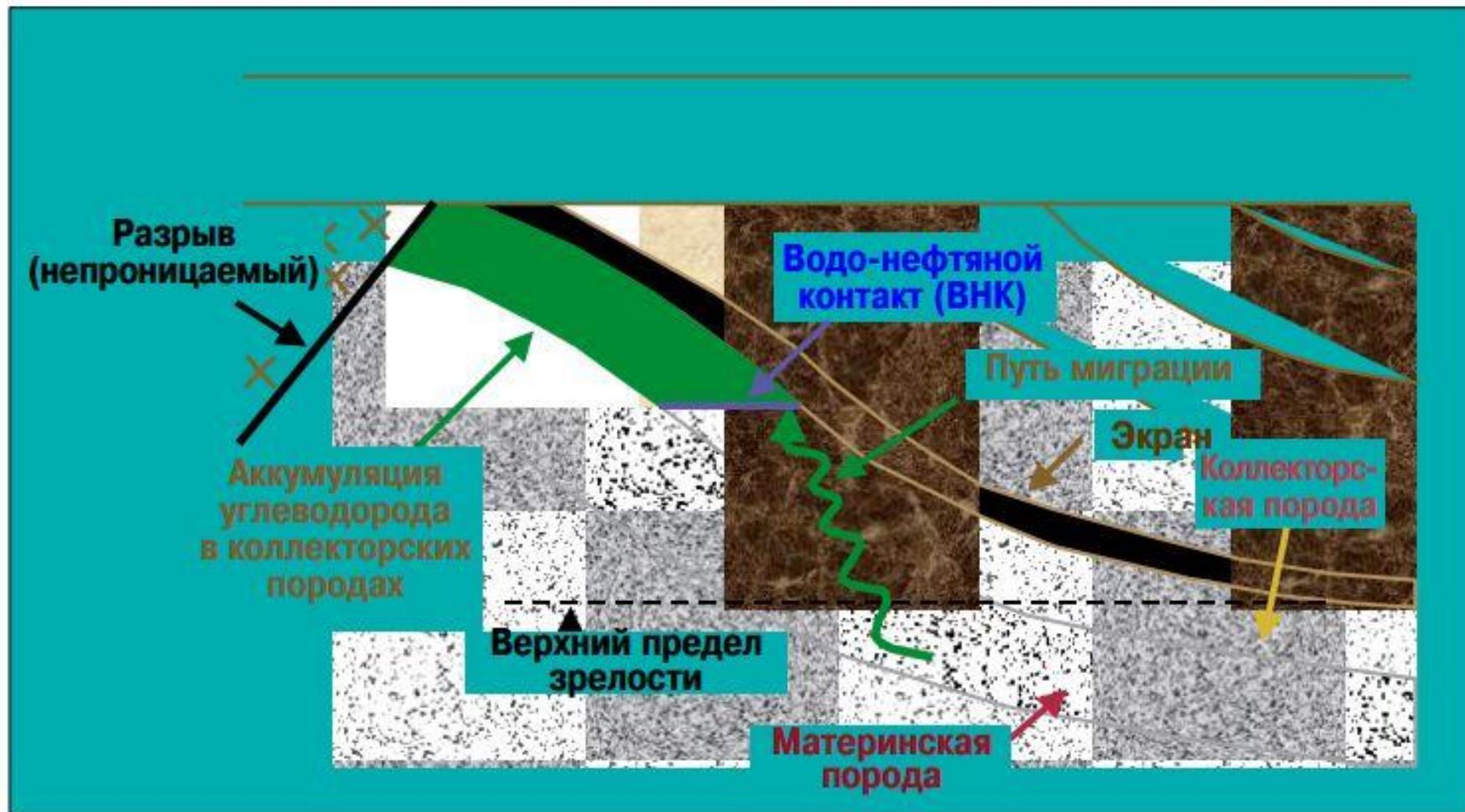


| <b>Стадии преобразования ОБ в УВ</b> | <b>Геологические условия среды нахождения ОБ в УВ</b>   | <b>Источники энергии преобразования ОБ в УВ</b>   | <b>Состояние ОБ и УВ и формы нахождения последних</b> |
|--------------------------------------|---|---|---|
| <b>Консервация УВ</b>                | <b>Наличие пород-коллекторов, обладающих повышенными емкостными и фильтрационными свойствами; анаэробная геохимическая среда; застойный режим пластовых вод; наличие пород флюидоупоров (покрышек) над коллекторами; их герметичность; нахождение (скреплений УВ вне зоны аэрации; сохранение замкнутости структурных ловушек после формирования скоплений; сохранение благоприятного регионального наклона слоев</b> | <b>Развитие преимущественно движений прогибания; термодинамическая энергия; благоприятные для консервации термодинамические факторы (повышенное давление и температура)</b> | <b>Скопления УВ</b>                                   |

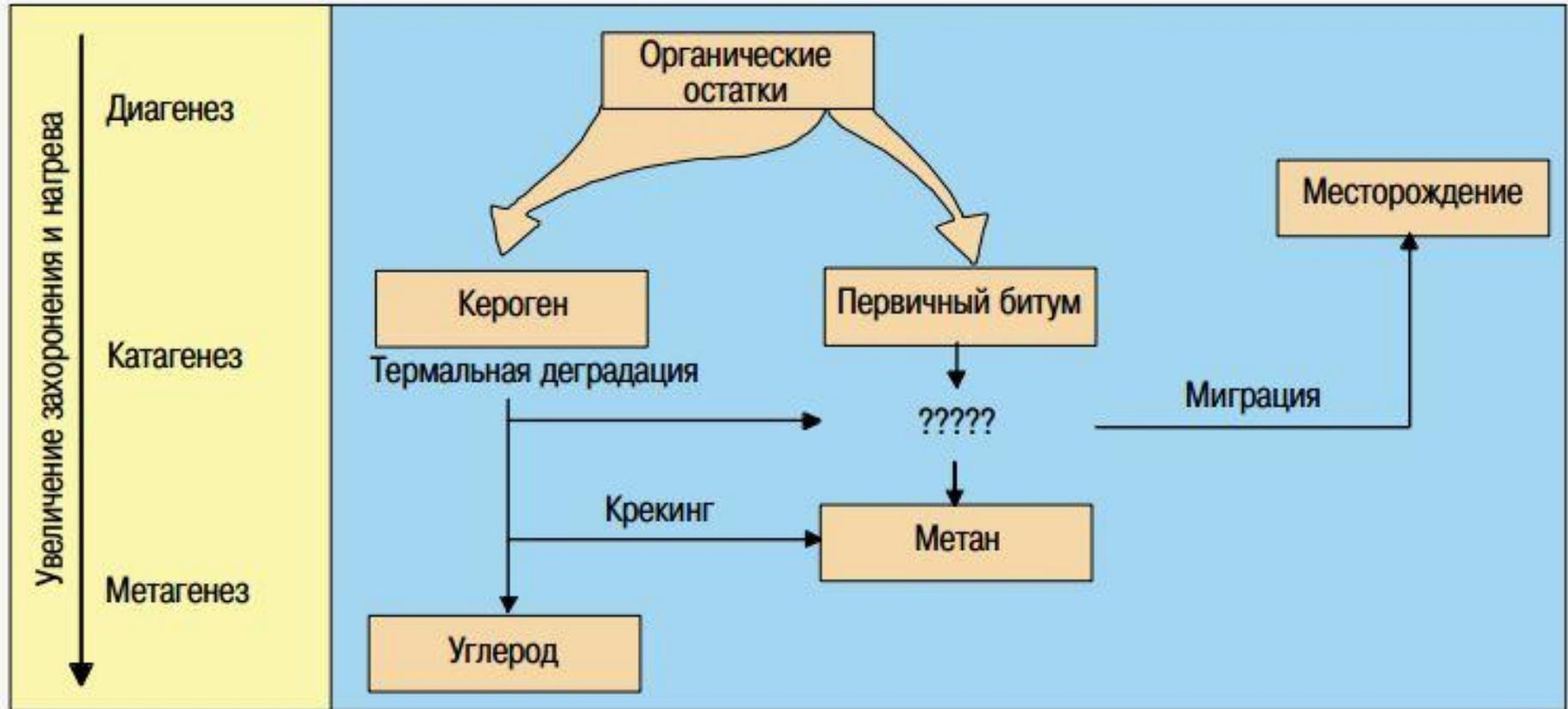
| <b>Стадии преобразования ОБ в УВ</b> | <b>Геологические условия среды нахождения ОБ в УВ</b>  | <b>Источники энергии преобразования ОБ в УВ</b>   | <b>Состояние ОБ и УВ и формы нахождения последних</b>           |
|--------------------------------------|--|---|---|
| <b>Деградация УВ</b>                 | <p><b>Попадание скоплений УВ в зоны аэрации; раскрытие ловушек; тектоническая нарушенность пород; фильтрация УВ из ловушек по тектоническим нарушениям; прорывы УВ через покрывку; перенос УВ движущейся водой; растворение, окисление и разложение УВ</b></p> | <p><b>Движение пластовых и трещинных вод в зонах активного водообмена; тектонические движения (преимущественно восходящие формы); химическая энергия; процессы окисления УВ сульфатными водами; биохимическая энергия; процессы разложения У В микроорганизмами; молекулярные силы, обуславливающие диффузию УВ</b></p> | <p><b>УВ в рассеянном состоянии либо новые скопления УВ</b></p> |



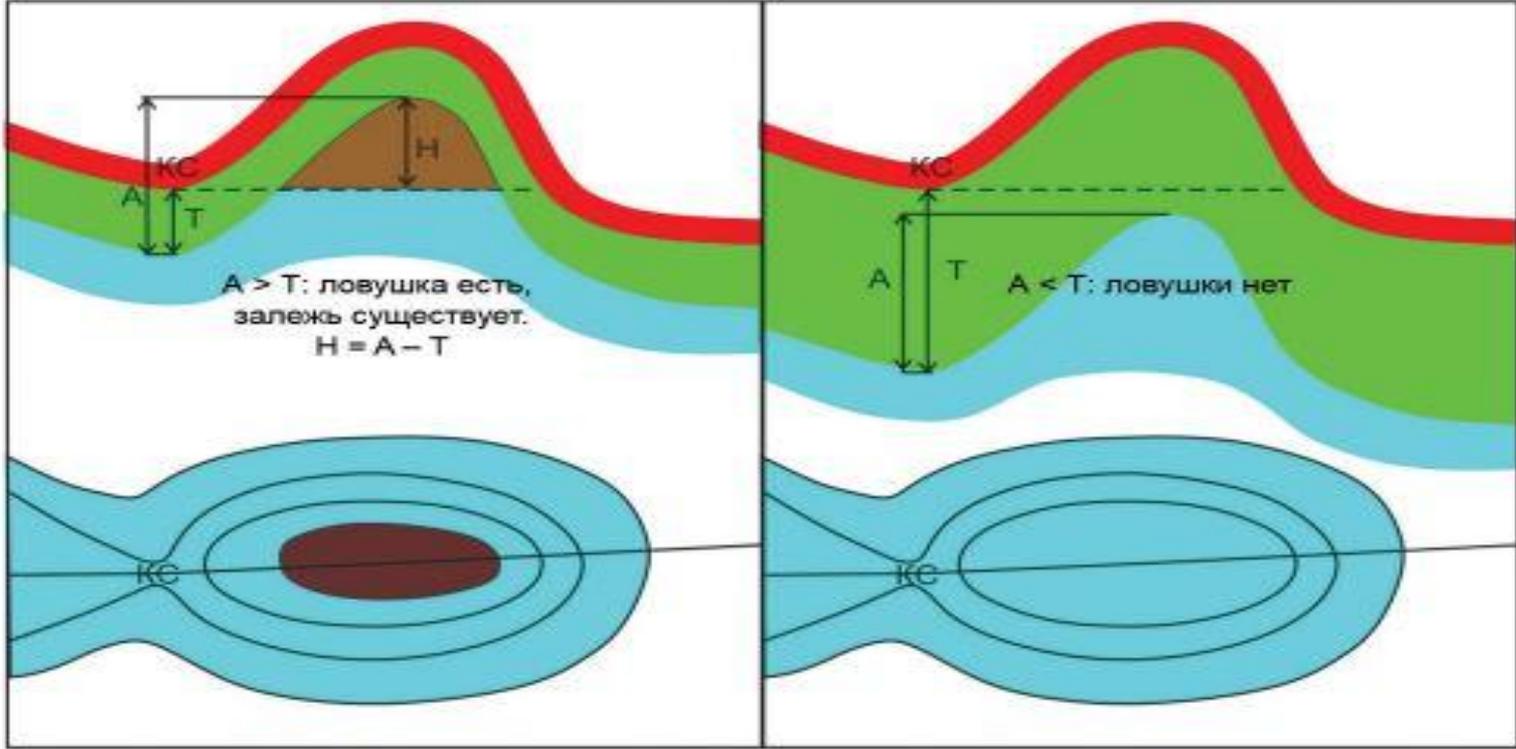
# Генерация, миграция и улавливание углеводородов



# Схема механизма генерации и разрушения нефти



**mechanism of generation and destruction of oil**



а

б



Рис. 1. Экранирование залежи УВ согласно представлениям о трехслойном строении природных резервуаров:  
 а - образование ловушки в антиклинальной структуре при  $A > T$ ;  
 б - при  $A < T$  ловушка, а следовательно, и залежь УВ не образуются

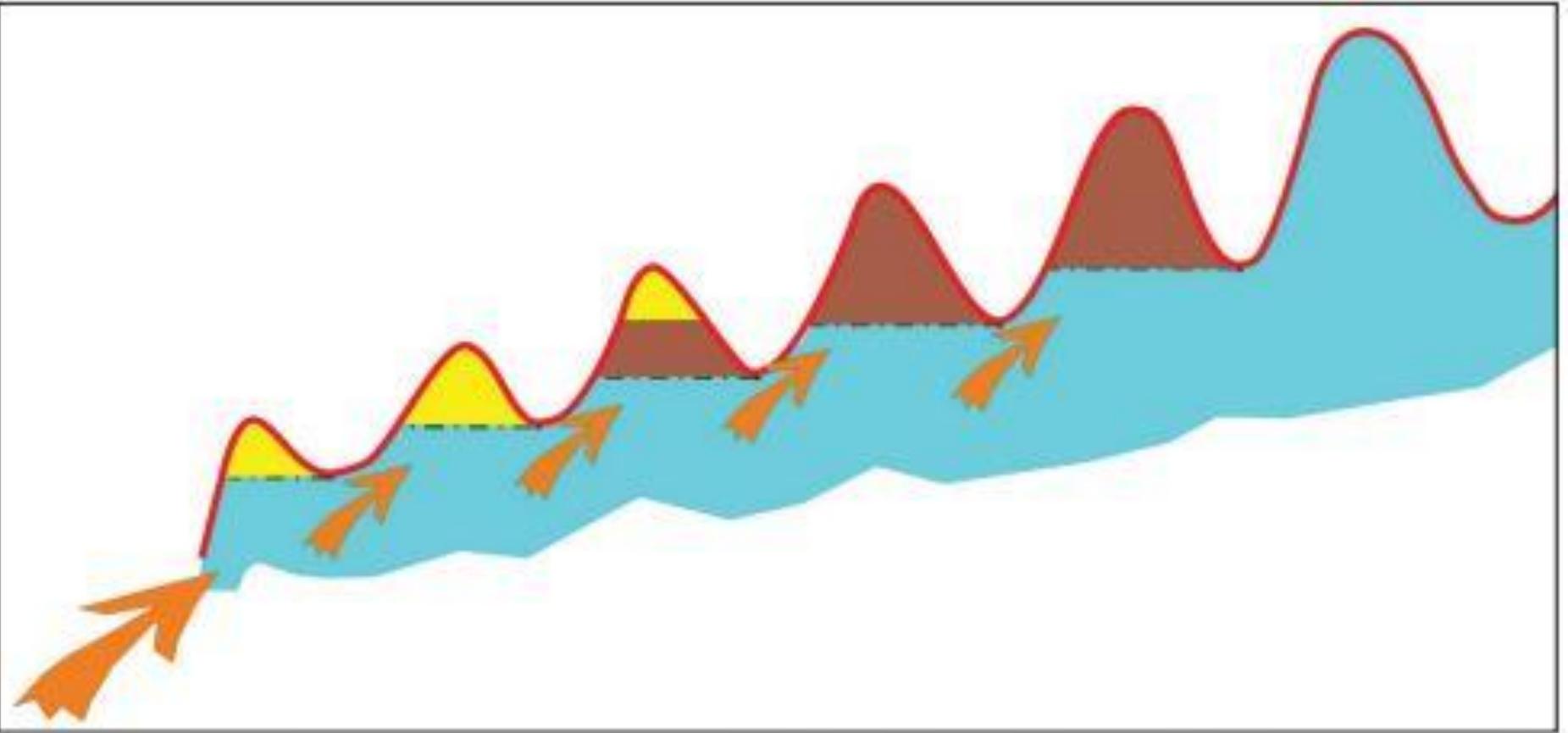


Рис. 2. Схема дифференциального улавливания углеводородов при традиционном понимании ПР как двухслойных систем (по С.Л. Максимова, 1954 г., с дополнениями автора; условные обозначения см. на рис. 1)

**differential oil capture scheme**

# словарь

Тектоническое и нефтегазогеологическое  
районирование

Антеклиза

Синеклиза

Сводь

Прогибы

Валы

авлакогены

грабены

# словарь

Платформа

Складчатая область

Нефтегазоносный бассейн

Нефтегазоносная область

Нефтегазоносный район

Зона нефтегазонакопления

# словарь

Критерии поисков залежей нефти

Палеотектонический

Палеогеографический

Литолого-фациальный

Геохимический

Палеогидрогеологический

Геотермический

# словарь

Фазовое состояние углеводородов

Литологически экранированные ловушки

Литолого-стратиграфические ловушки