



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГПС МЧС России



Кафедра Физико-химических основ процессов горения и  
тушения

# ОСНОВЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ

**ТЕМА №1:** ГОРЕНИЕ – ОСНОВНОЙ ПРОЦЕСС НА ПОЖАРЕ,  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА,  
ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ.

**Занятие №1.1.:** ГОРЕНИЕ – ОСНОВНОЙ ПРОЦЕСС НА ПОЖАРЕ,  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА,  
ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ.



## **ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ:**

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ГОРЕНИИ, КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ПОЖАРЕ И МЕХАНИЗМОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЛАМЕНИ И ПРОЦЕССОВ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ, А ТАКЖЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ИМ СОПУТСТВУЮЩИХ.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. В.Р. Малинин и др. **ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА.** Учебник для вузов МЧС России по специальности 280104.65 - Пожарная безопасность / Под ред. проф. В.С. Артамонова / СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2007 г. – 306 с.
2. А.Я. Корольченко. **ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА.** Учебник для вузов. Пожнаука, 2007 г. – 266 с.



## УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТНИКОВ ГОРЕНИЯ.
2. ПЛАМЯ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАМЕНИ И ПРОЦЕССЫ В НЕМ ПРОИСХОДЯЩИЕ, ВИДЫ И РЕЖИМЫ ГОРЕНИЯ).
3. МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ.



# Характеристика участников горения.

- XVII век немецкий ученый Георг Шталь - теория флогистона;
- Середина XVIII века М.В.Ломоносов подверг основательной и аргументированной критике теорию флогистона;
- А.Лавуазье впервые установил состав воздуха;
- 1890 г. В.А. Михельсон открытие закона распространения пламени, который заложил основы тепловой теории взрывного горения.



**ГОРЕНИЕ** - это самоподдерживающийся сложный физико-химический процесс, основой которого являются быстропротекающие химические реакции окисления, сопровождающиеся выделением большого количества тепла и света.



# Треугольник пожара





# Горючие вещества и материалы

## Органические

## Неорганические

Растительного и животного происхождения:  
*Древесина, хлопок, джут, масла, жиры, смолы*

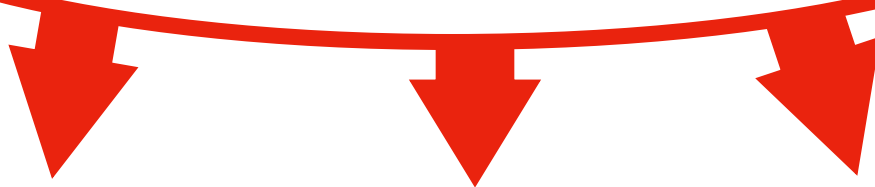
Ископаемые и их производные:  
*Каменный и бурый уголь, нефть, газ, нефтепродукты, кислородсодержащие соединения, синтетические полимеры*

Металлы и их производные:  
*Щелочные, щелочноземельные и др. металлы*

Неметаллы и их производные:  
*Сера, фосфор, кремний и др.*



# Окислители



**Галогены:**

**Хлор,  
фтор,  
бром,  
йод.**

**Кислород и  
кислород  
воздуха**

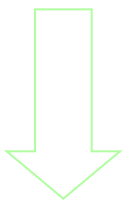
**Соли  
кислородс  
одержащих  
кислот:  
Нитраты,  
хлораты**





## ГОРЮЧАЯ СРЕДА

Смесь горючего и окислителя в одинаковом агрегатном состоянии в определенных пропорциях, способная гореть



**ОДНОРОДНАЯ**

**горючая среда**

предварительно  
перемешанная смесь  
горючего с окислителем



**НЕОДНОРОДНАЯ**

**горючая среда**

горючее и окислитель  
предварительно не  
перемешаны

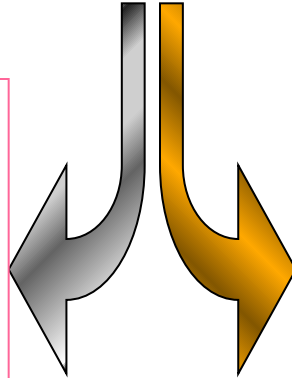


# Виды и режимы горения



## ГОМОГЕННОЕ горение

это процесс взаимодействия горючего и окислителя, находящихся в одинаковом агрегатном состоянии.



## ГЕТЕРОГЕННОЕ горение

это горение твердых горючих материалов непосредственно на их поверхности. Характерной особенностью гетерогенного горения является отсутствие пламени. Пример – тление ТГМ.



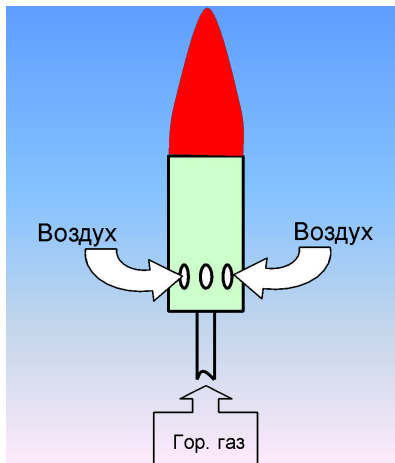
# ГОМОГЕННОЕ ГОРЕНИЕ



## КИНЕТИЧЕСКОЕ горение

это горение предварительно перемешанной горючей смеси, т.е. однородной смеси.

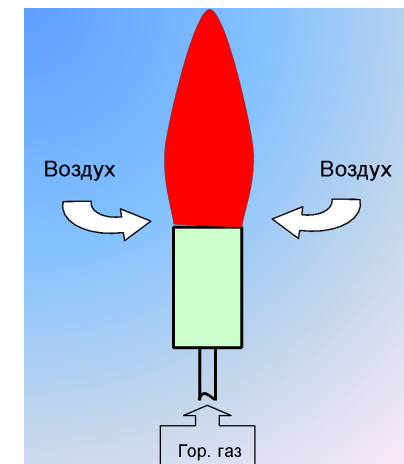
Скорость горения определяется только кинетикой окислительно-восстановительной реакции.



## ДИФфуЗИОННОЕ горение

это горение неоднородной смеси, когда горючее и окислитель предварительно не перемешаны.

В этом случае, смешивание горючего и окислителя происходит во фронте пламени за счет диффузии.





Пламя (определение пламени и процессы в нем происходящие, виды и режимы горения).



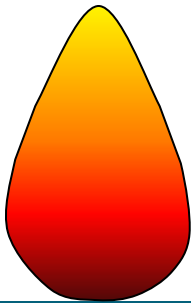
## ПЛАМЯ

определенный объем газового пространства, в котором протекают все физико-химические процессы горения.



### Ламинарное

(от лат. lamina - слой, пластина) называется спокойное, безвихревое пламя устойчивой геометрической формы.



### Турбулентное

(от лат. turbulenze - вихрь) называется беспокойное, закрученное вихрями пламя постоянно меняющейся формы.





# Критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{vd\rho}{\mu}$$

где

$v$  - линейная скорость газового потока, м/с;

$d$  - характерный размер потока, м;

$\rho$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  - динамический коэффициент вязкости, Н×с/м<sup>2</sup>

Ламинарный

$$2300 < Re$$

Переходный

$$2300 < Re < 10000$$

Турбулентный

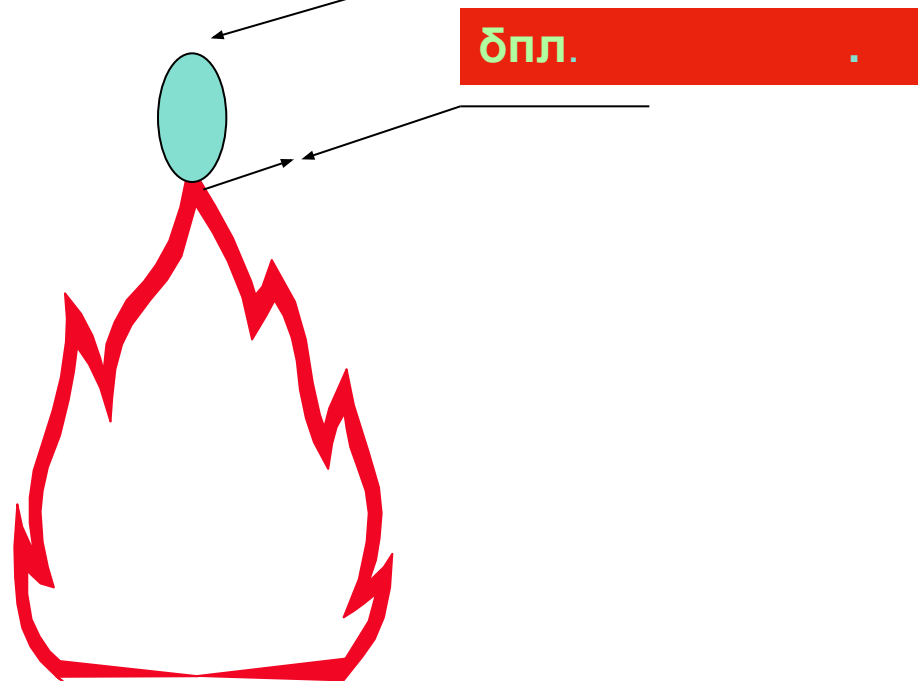
$$Re > 10000$$

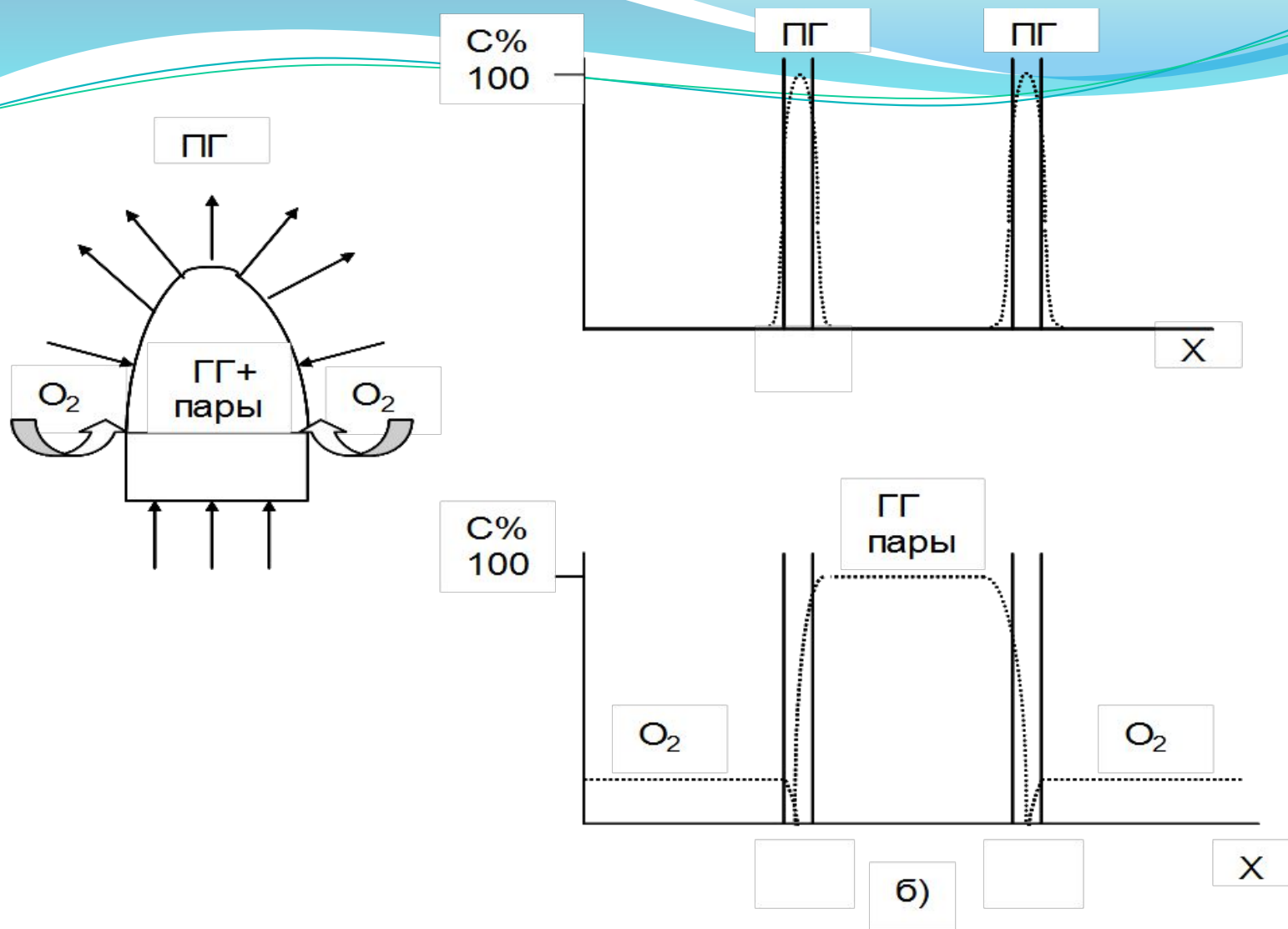


# Структура пламени

**ФРОНТ ПЛАМЕНИ** ( $\delta_{\text{пл.}}$ ) – ТОНКИЙ  
поверхностный слой, ограничивающий пламя,  
непосредственно в котором протекают  
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ реакции.

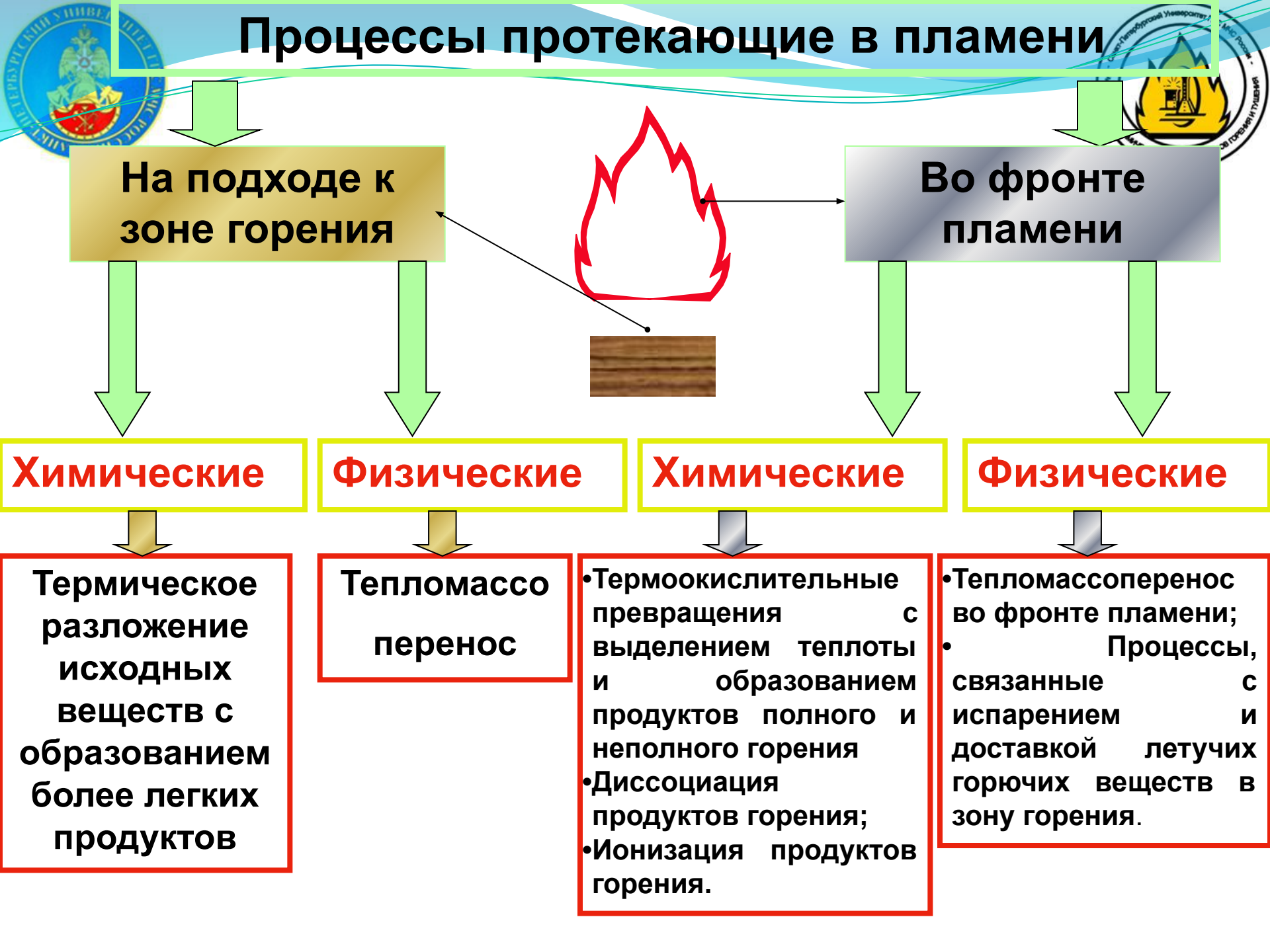
Зона максимальных температур





**Рис 1.2** Схема диффузионного пламени газовой горелки (а) и изменение концентрации исходных веществ и продуктов горения по сечению пламени (б)

# Процессы протекающие в пламени







# Характер свечения пламени в зависимости от содержания углерода и кислорода в горючем веществе



<i>Содержание углерода в горючем веществе, <math>\omega</math> (С) %</i>	<i>Содержание кислорода в горючем веществе, <math>\omega</math> (О) %</i>	<i>Характер свечения пламени</i>
< 50	> 30	пламя бесцветное или голубоватое
< 75	отсутствует или < 30	пламя яркое, не коптящее
> 75	отсутствует или < 25	пламя яркое, коптящее



Элементы, входящие в состав горючего вещества	Продукты горения
Углерод $C$	Углекислый газ $CO_2$
Водород $H$	Вода $H_2O$
Сера $S$	Оксид серы (IV) $SO_2$
Азот $N$	Молекулярный азот $N_2$
Фосфор $P$	Оксид фосфора (V) $P_2O_5$
Галогены $F, Cl, Br, I$	Галогеноводороды $HCl, HF, HBr, HI$



●  $Q_{исх} + Q_{гор} = Q_{гор} + Q_{и} + Q_{недож}$ .

**Удельная теплота горения** - это количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы массы или объема горючего вещества.

Размерность - кДж/моль, кДж/кг или кДж/м<sup>3</sup>.

В зависимости от агрегатного состояния воды в продуктах горения различают низшую и высшую теплоту горения. Если вода находится в парообразном состоянии, то теплота горения **низшая  $Q_n$** , если пары воды конденсируются в жидкость, то теплота горения **высшая  $Q_v$** .