

# Курс: Сучасні каталізатори й технології переробки нафти на їх основі



# Лекція №1

**Енергія та цивілізація.  
Основні поняття про нафту та нафтопереробку**



- **Нафтохімія** – сировина для хімічної промисловості
- **Нафтопереробка:** бензин, дизельне пальне, реактивний керосин, мазут

# КАТАЛІЗ

```
graph TD; A[КАТАЛІЗ] --> B[Переробка нафти й природного газу]; A --> C[Виробництво продуктів нафтохімії]; A --> D[Виробництво продуктів тонкого органічного синтезу]; A --> E[Виробництво фармацевтичних препаратів]; A --> F[Екологічний каталіз];
```

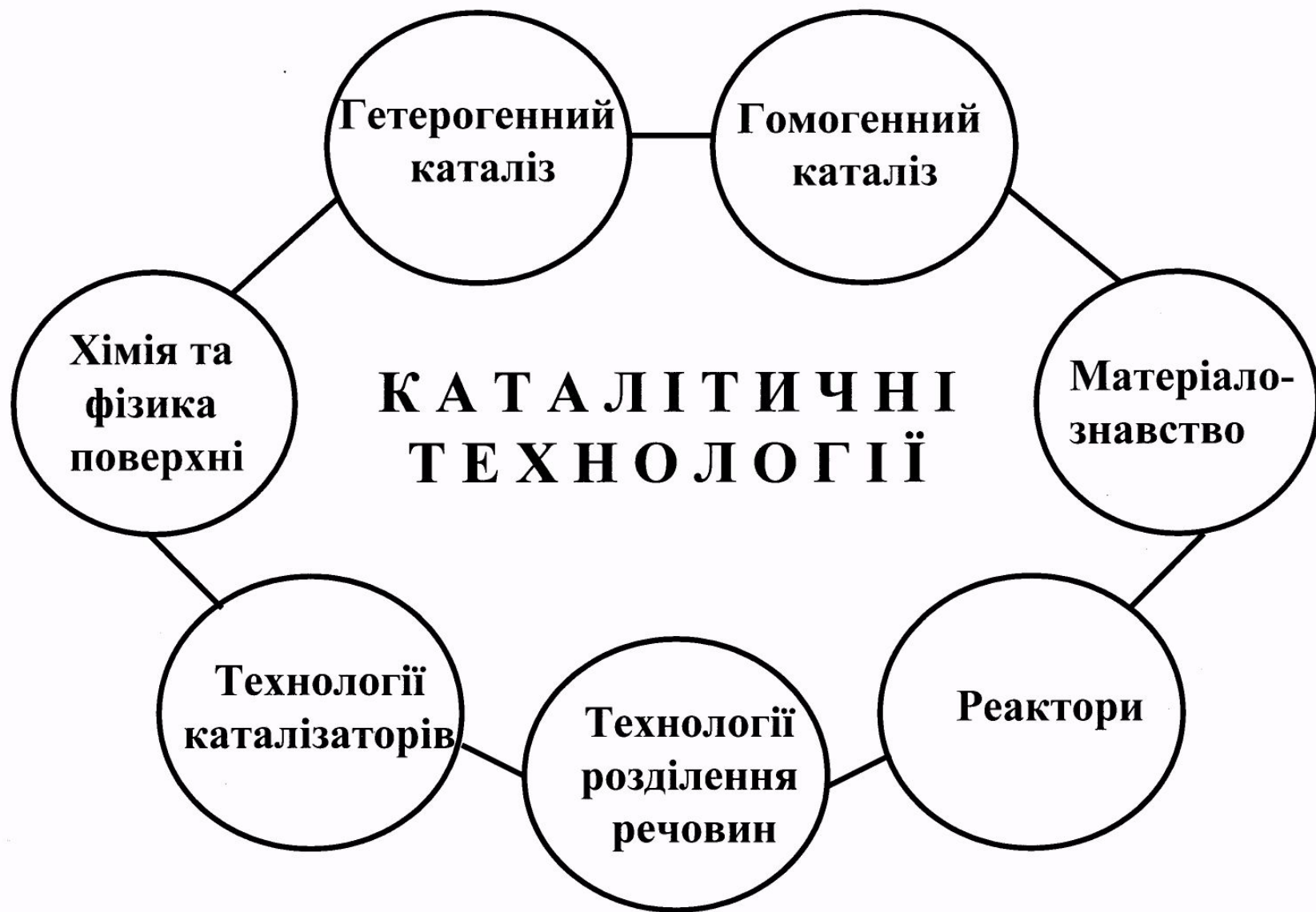
Переробка  
нафти й  
природного  
газу

Виробництво  
продуктів  
нафтохімії

Виробництво  
продуктів  
тонкого  
органічного  
синтезу

Виробництво  
фармацевтичних  
препаратів

Екологічний каталіз





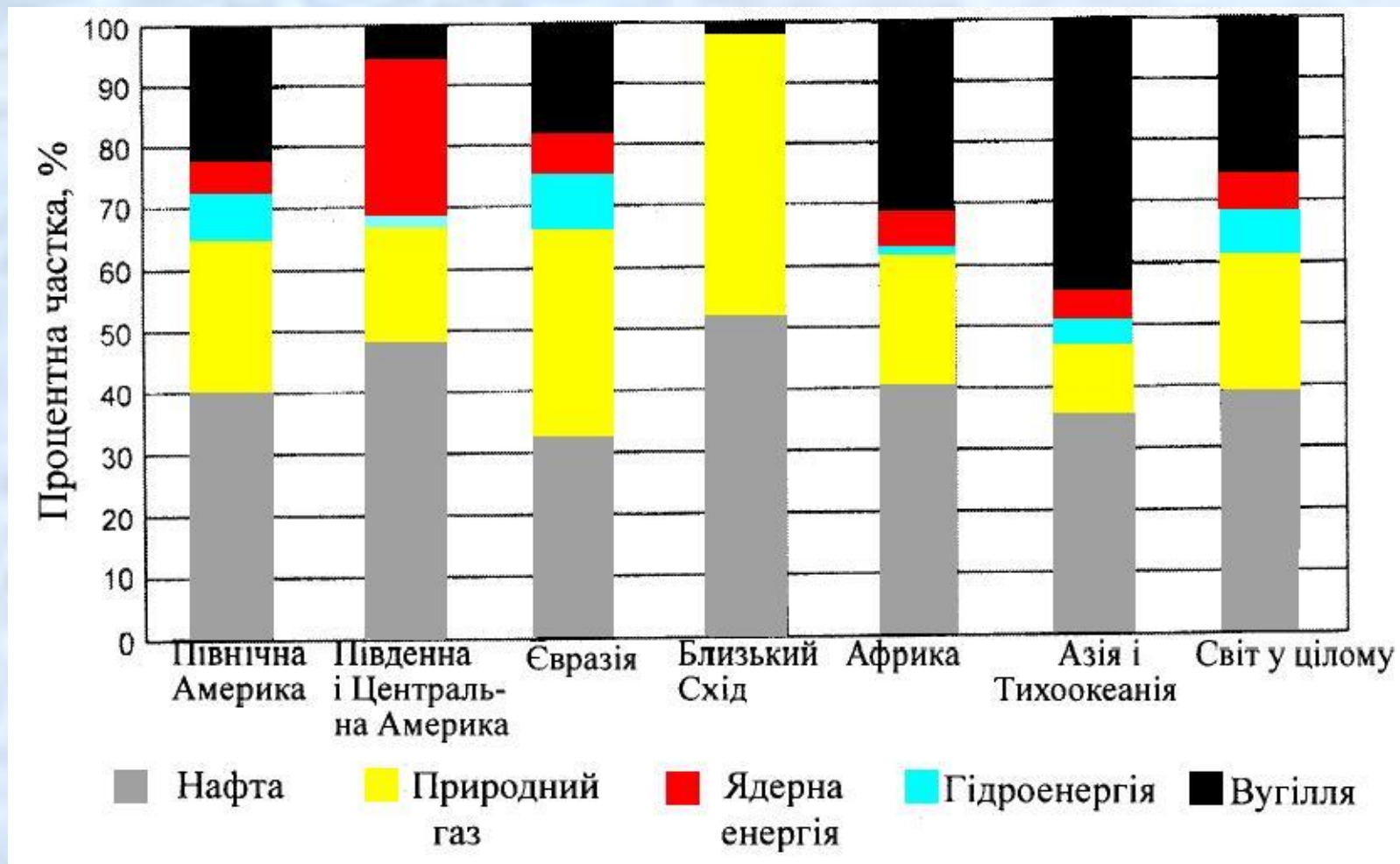
# Структура продажу каталізаторів в США, млн. \$

Найменування	Роки		
	1997	2002	2007
Загальний ринок каталізаторів	2321	2770	3455
В тому числі для:			
Нафтопереробки	890	1030	1210
Хімічних процесів	808	925	1170
Полімерів	623	815	1075

# Виробництво основних видів продукції хімічної, нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, тис. т

№ п/п	Найменування продукції	1990	1994	1995	1996	1997
1	Аміак синтетичний	4941	3590	3782	4017	4142
2	Кислота сірчана в моногідраті	5011	1646	1579		
3	Сода кальцинована 100 %	1119	656	475	375	167
4	Сода каустична 100 %	444	266	213	157	156
5	Мінеральні добрива (100 % активної речовини)	4815	2338	2221	2217	2277
6	Хімічні засоби захисту рослин (100 % активної речовини)	50	4	3	0,2	0,2
7	Лакофарбові матеріали	693	170	81	78	75
8	Метанол-ректифікат	634	404	204	79	61
9	Синтетичні миючі засоби	301	108	72	44	36,6
	<b>Всього (хімія)</b>	<b>18008</b>				
10	Бензин	8521				
11	Дизельне та реактивне пальне	18483				
	<b>Всього (нафтопереробка)</b>	<b>27004</b>				
12	Етилен	446	188	164	111	139
13	Пропілен	215	94	81	36	61
14	Вінілхлорид	265	186	180	89	
15	Поліетилен	218	35	15	18	23
16	Бензол	393	186	187	157	
17	Ангідрид фталевий	70	12	19	16,3	2,57
18	Полістирол і співполімери	137	20	8	13	3
19	ПВХ смола співполімери	116	57	60	14	
20	Синтетичні смоли і пластмаси	826	243	180		72
21	Хімічні волокна і нитки	179	39	41	33	26
	<b>Всього (нафтохімія)</b>	<b>2865</b>				
	<b>Нафтопереробка та нафтохімія</b>	<b>29869</b>				

# Вклад основних джерел енергії в енергетичні баланси різних регіонів світу (2000 р.)

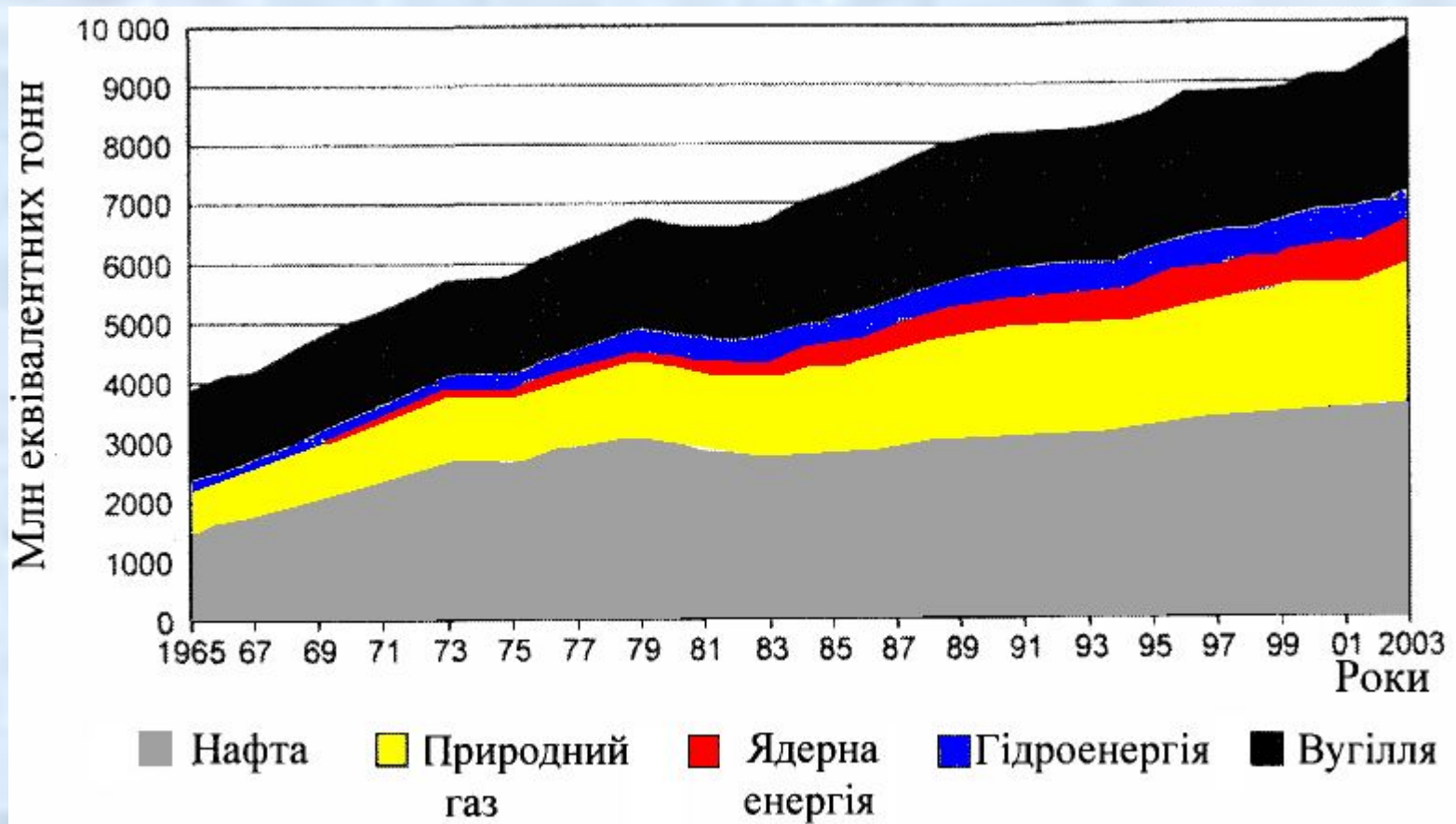




# Доля різних джерел енергії

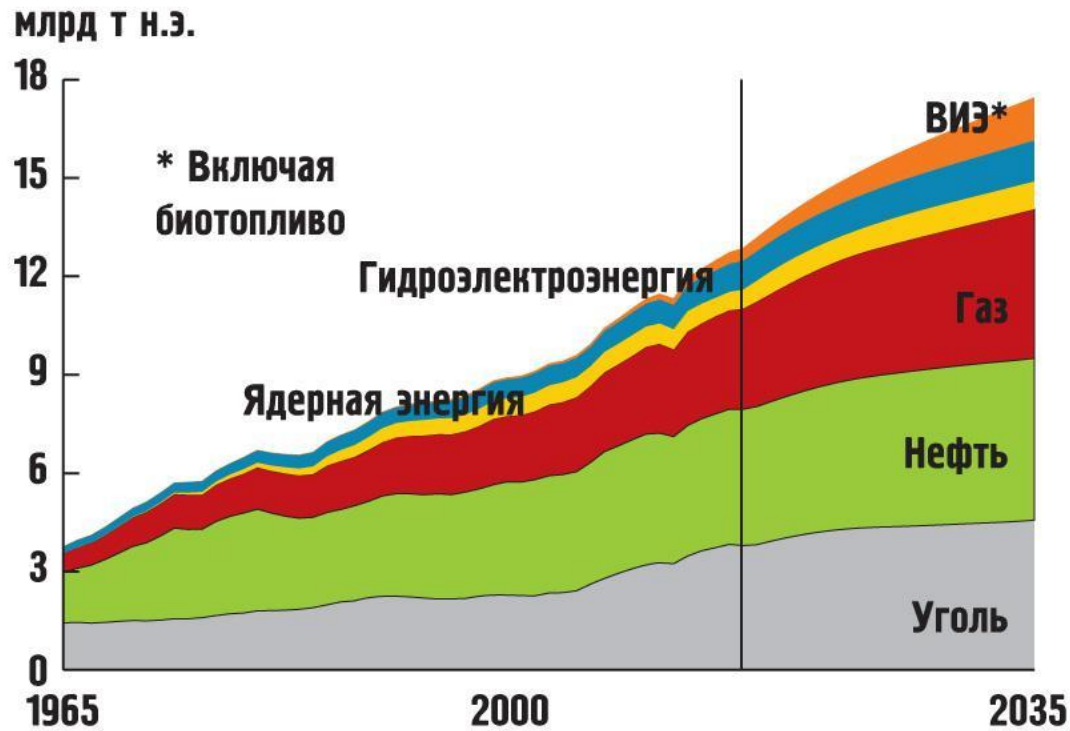


# Глобальне використання окремих джерел енергії у 1965-2003 рр.



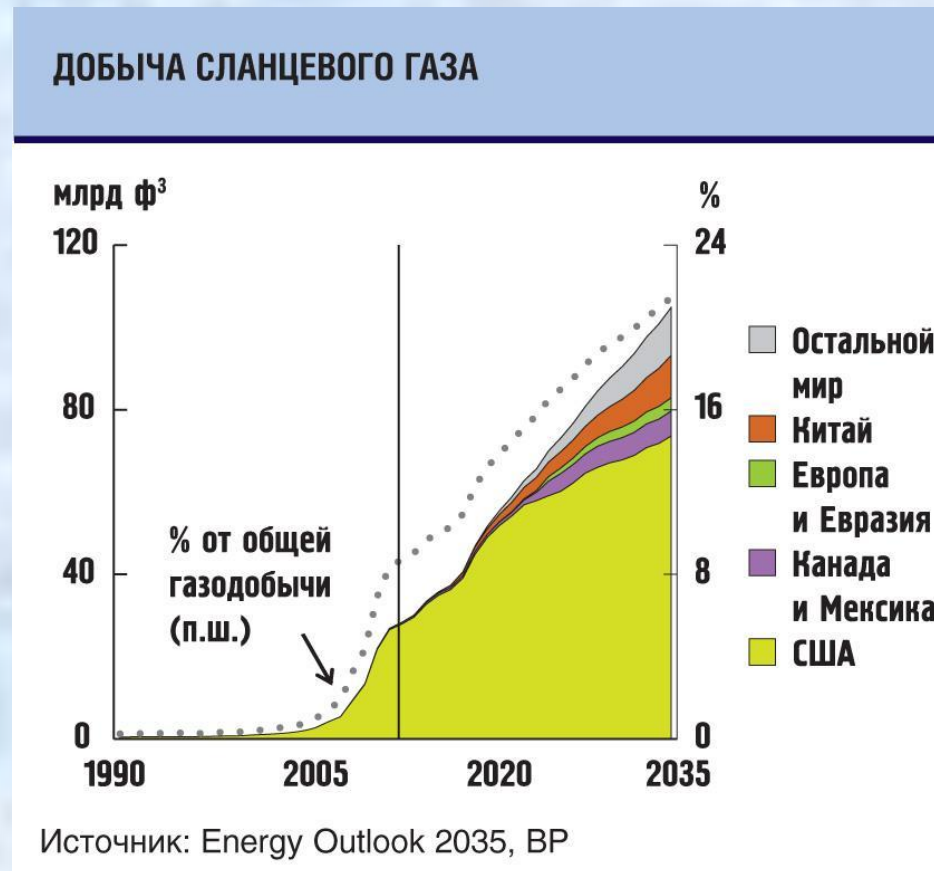
# Використання різних джерел енергії (з прогнозом до 2035 р.)

ПОТРЕБЛЕНИЕ ПО ВИДУ ТОПЛИВА



Источник: Energy Outlook 2035, BP

# Видобуток сланцевого газу у світі





# Джерела енергії локального значення

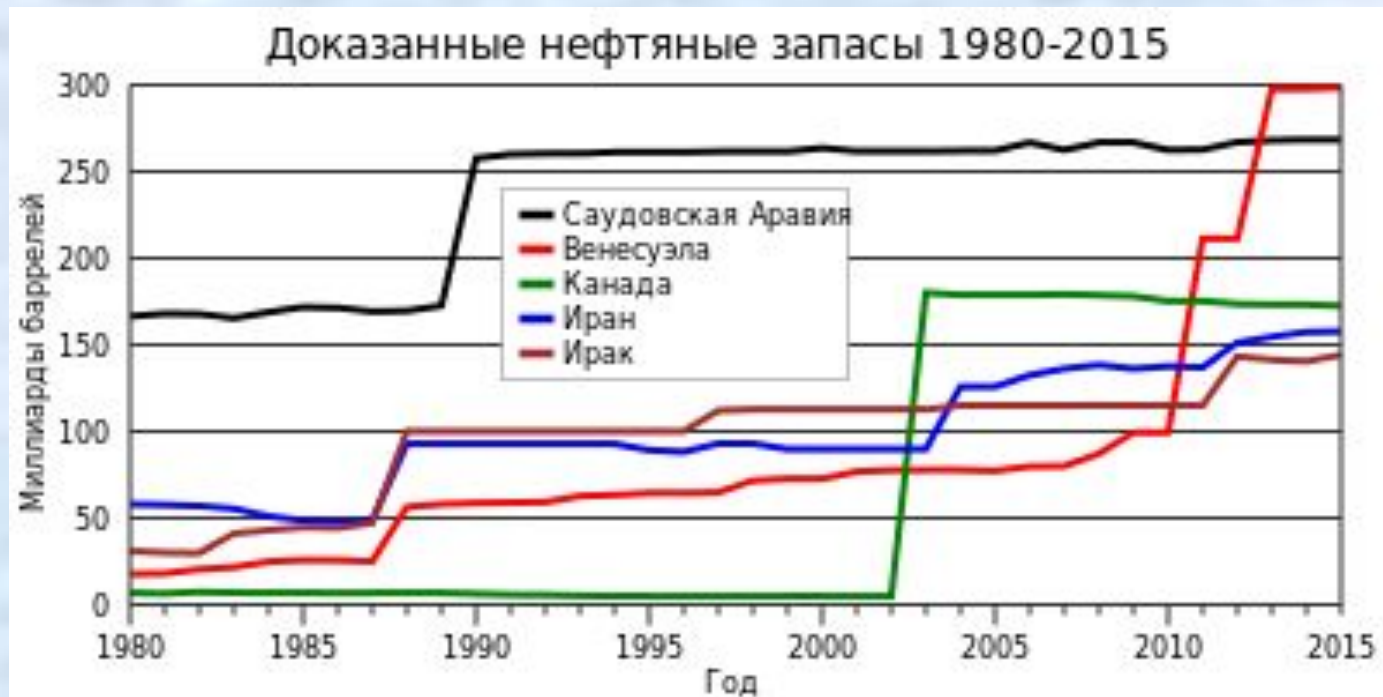
- Біомаса
- Побутові та промислові відходи
- Геотермальні джерела
- Сонце
- Вітер
- Приливи-відливи
- Морські й океанські хвилі
- Біоетанол
- Біодизельне паливо

# Розвідані запаси нафти (на 01.01.2000)

Регіон, країна	Кількість	
	млн. т	%
Азія та Тихий океан, в тому числі	6294	4,33
Китай	3434	2,36
Західна Європа, в тому числі	2663	1,83
Норвегія	1544	1,06
Східна Європа, в тому числі	8446	5,81
Росія	6951	4,78
Близький Схід, в тому числі	96683	66,50
Саудівська Аравія	37349	25,69
Ірак	16098	11,07
Кувейт	13737	9,45
Іран	12836	8,83
ОАЕ	16663	11,50
Африка, в тому числі	10717	7,37
Лівія	4221	2,90
Нігерія	3220	2,21
Північна Америка, в тому числі	7779	5,35
Мексика	4064	2,79
США	3010	2,07
Латинська Америка, в тому числі	12812	8,81
Венесуела	10389	7,14
<b>Всього</b>	<b>145394</b>	<b>100,00</b>
<b>Всього за станом на 2008 р.</b> "National Geographic (Russia)", 1.08.08	<b>177500</b> <b>Δ = 32106</b>	<b>122,1</b>
<b>Всього станом на 2013 р. (оцінка British Petroleum)</b>	<b>238200</b>	<b>163,8</b>
<b>Всього станом на 2014 р. (оцінка British Petroleum)</b>	<b>239800</b>	<b>165,9</b>

# Динаміка зміни розвіданих запасів нафти для 5 країн з найбільшими родовищами: Саудівська Аравія, Канада, Венесуела, Іран, Ірак.

Період 1980-2015 (за даними US Energy Information Administration)



# Доля 10 країн з найбільшими запасами нафти

Венесуела	17,5 %
Саудівська Аравія	15,7 %
Канада	10,2 %
Іран	9,3 %
Ірак	8,8 %
Росія	6,1 %
Кувейт	6,0 %
ОАЕ	5,8 %
США	2,9 %
Лівія	2,8 %
Інші країни	14,9 %
	100 %



# Світовий видобуток та споживання нафти в 1999 р.

Реґіон	Видобуток		Споживання	
	млн. т	%	млн. т	%
Економічно розвинуті країни, в тому числі	1118	29,4	2497	63,7
Північна Америка	726	19,1	1234	31,5
Європа	355	9,3	814	20,8
Азія та Океанія	37	1,0	449	11,4
Країни ОПЕК (Organization of Petroleum Exporting Countries)	1577	41,6		
Інші країни, в тому числі	1101	29,0	1423	36,3
СНД	381	10,0	205	5,2
Східна і Центральна Європа	10	0,3	43	1,1
Китай	167	4,4	225	5,7
Інші країни Азії	110	2,9	366	9,3
Латинська Америка	193	5,1	240	6,1
Середній Схід	99	2,6	219	5,6
Африка	141	3,7	125	3,2
<b>Всього</b>	<b>3796</b>	<b>100,0</b>	<b>3920</b>	<b>100,0</b>
<b>Всього</b> (застиг на рівні 2004 р.) "National Geographic (Russia)", 1.08.08 р.	<b>4234</b> <b>Δ = 438</b>	<b>111,5</b>		
<b>В тому числі Росія:</b>				
- видобуток	474,5	11,2		
- експорт, 2006 рік	206,6	4,9		
<b>Максимум нафтовидобутку:</b>				
- оптимістичний прогноз, 2030 рік	5840	137,9		
- песимістичний прогноз, 2015 рік	4964	117,2		

# Світове споживання нафти, млн.т

(за даними British Petroleum)

Страны	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Рост, %
США	711	772	797	884	940	931	929	875	833	850	835	817	832	836	17,6
Китай	90	113	160	224	327	351	369	376	388	438	460	483	504	520	479,2
Япония	208	246	269	257	247	238	231	225	200	203	204	217	208	197	-5,2
Индия	43	58	75	106	122	128	138	145	153	155	163	174	175	181	317,0
Россия	247	252	152	123	126	130	130	134	128	134	144	146	147	148	-40,1
Бразилия	55	64	79	92	95	96	102	109	110	119	125	127	135	143	158,4
Саудовская Аравия	47	54	60	73	88	92	98	107	116	124	125	131	132	142	203,8
Германия	126	127	135	130	122	124	112	119	114	115	112	111	113	112	-11,7
Южная Корея	26	50	95	104	105	105	108	103	104	105	106	109	108	108	314,2
Канада	71	80	81	90	100	99	102	101	95	101	105	103	104	103	44,7
<b>Мир</b>	<b>2 817</b>	<b>3 161</b>	<b>3 291</b>	<b>3 582</b>	<b>3 919</b>	<b>3 959</b>	<b>4 017</b>	<b>3 999</b>	<b>3 923</b>	<b>4 042</b>	<b>4 085</b>	<b>4 133</b>	<b>4 179</b>	<b>4 211</b>	<b>49,5</b>

# Середній елементний склад нафти та керогену

Елемент	Вміст, % мас.	
	Нафта	Кероген
<b>C</b>	84,5	79
<b>H</b>	13,0	6
<b>S</b>	1,5	5
<b>N</b>	0,5	2
<b>O</b>	0,5	8

# Вміст сірки, азоту та кисню в нафті різних родовищ




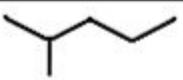

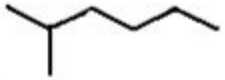
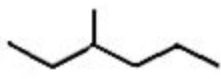
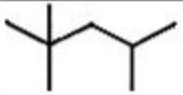
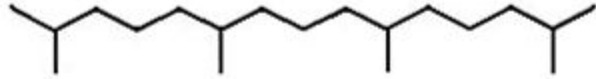
Нафтове родовище	Вміст, % мас.		
	S	N	O
Ellenburger, Зах. Техас	0,19	0,018	0,082
Baxterville, Міссісіпі	3,05	0,18	0,28
La Paz, Венесуела	2,56	0,44	0,97
Wafra No 17, ОАЕ	7,90	0,55	1,24
Raudhatain, Кувейт	7,70	0,82	1,81
Me Elroy, Зах. Техас	2,60	1,61	0,89
Ромашкінська, Росія	1,62	0,17	-
Brent Blend, Великобританія	0,34	0,09	-
Іранська легка, Іран	1,64	0,17	-
Saharan Blend, Алжир	0,11	0,009	-



# Вуглеводневий склад нафти

- парафіни
- нафтени
- ароматичні сполуки
- гібридні структури


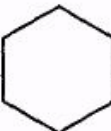
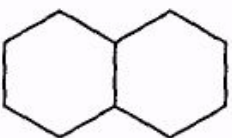
# Приклади лінійних та розгалужених парафінів

Вуглеводень	Формула структурна	Назва	Температура кипіння, °C
$C_4H_{10}$		н-бутан	-0,5
$C_4H_{10}$		і -бутан	-12
$C_6H_{14}$		н-гексан	69
$C_6H_{14}$		2-метилпентан	60
$C_7H_{16}$		н-гептан	98
$C_7H_{16}$		2-метилгексан	90
$C_7H_{16}$		3-метилгексан	92
$C_8H_{18}$		2,2,4-триметилпентан (ізооктан)	99
$C_{19}H_{40}$		2,6,10,14-тетраметилпентадекан	

# Можлива кількість ізомерів парафінових вуглеводнів в нафті

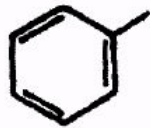
Кількість вуглецевих атомів	Кількість ізомерів	Кількість вуглецевих атомів	Кількість ізомерів
$C_1-C_3$	1	$C_{10}$	75
$C_4$	2	$C_{11}$	159
$C_5$	3	$C_{12}$	355
$C_6$	5	$C_{13}$	802
$C_7$	9	$C_{15}$	4347
$C_8$	18	$C_{18}$	60523
$C_9$	35	$C_{25}$	36 797 588

# Приклади нафтонових вуглеводнів нафти

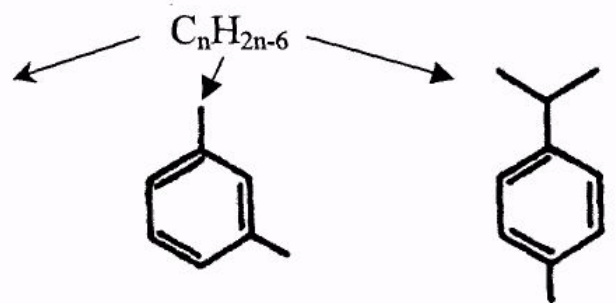
Вуглеводень	Формула структурна	Назва	Температура кипіння, °C
$C_6H_{12}$	 $C_nH_{2n}$	метилциклопентан	72
$C_6H_{12}$	 $C_nH_{2n}$	циклогексан	81
$C_{10}H_{18}$	 $C_nH_{2n-2}$	декалін	187



# Приклади ароматичних вуглеводнів нафти

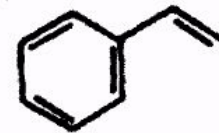


толуол

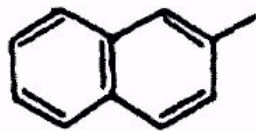


*m*-ксилол

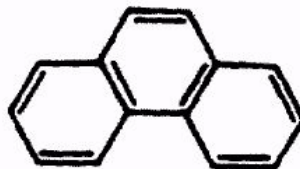
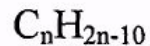
*p*-цимол



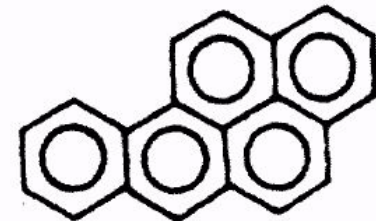
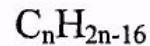
стирол



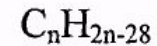
2-метилнафталін



фенантрен



3,4-бензопірен



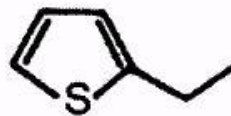
# Деякі сірко-, азот- та кисеньвмісні сполуки нафти



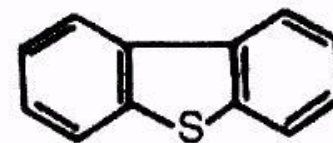
Ізобутилмеркаптан



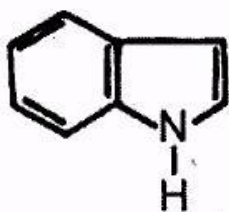
Диетилсульфід



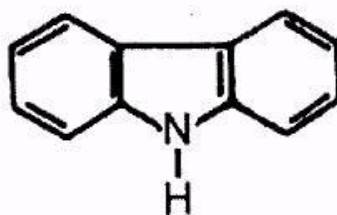
Етилтіофен



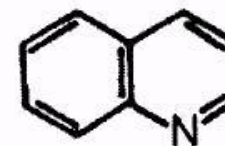
Дибензтіофен



Індол



Карбазол



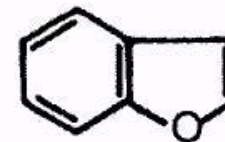
Хінолін



*p*-кресол

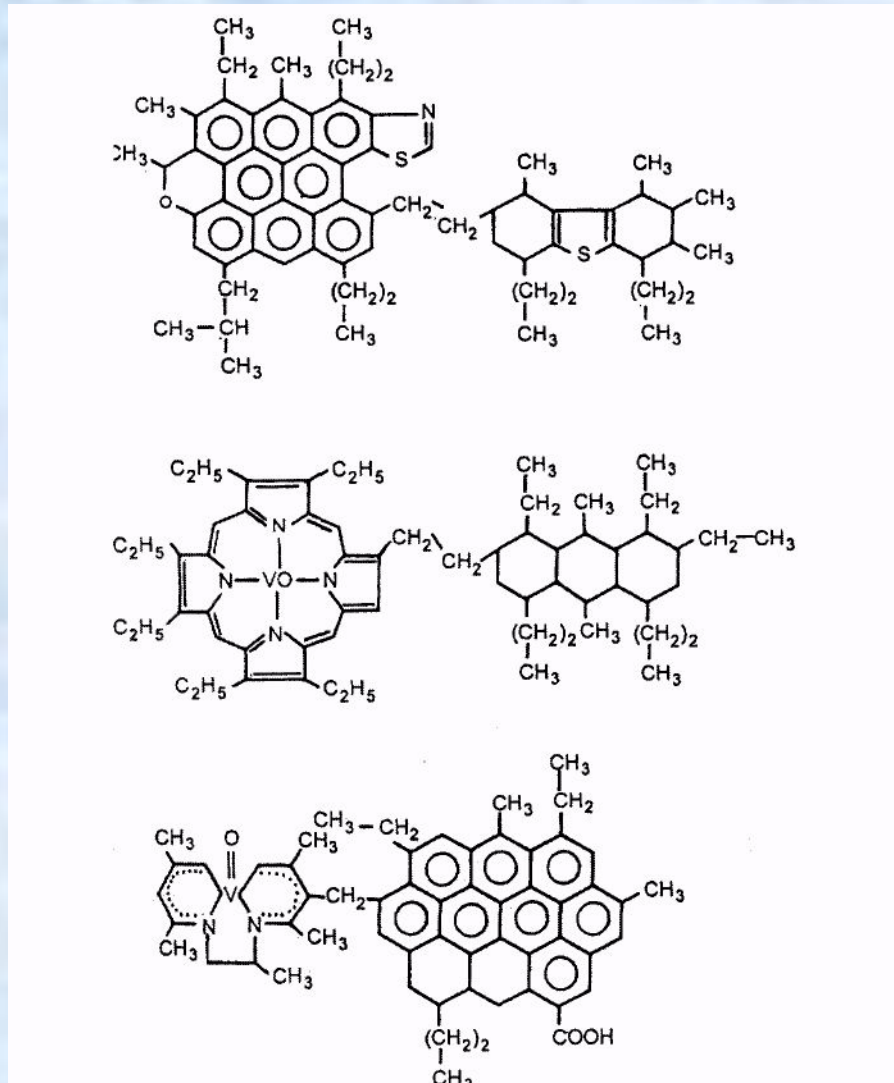


Нафтенова кислота



Бензфуран

# Асфальтени



# Зразки нафт різних родовищ





# Вміст порфірину у вибраних сортах нафти та ванадію й нікелю в порфіринах

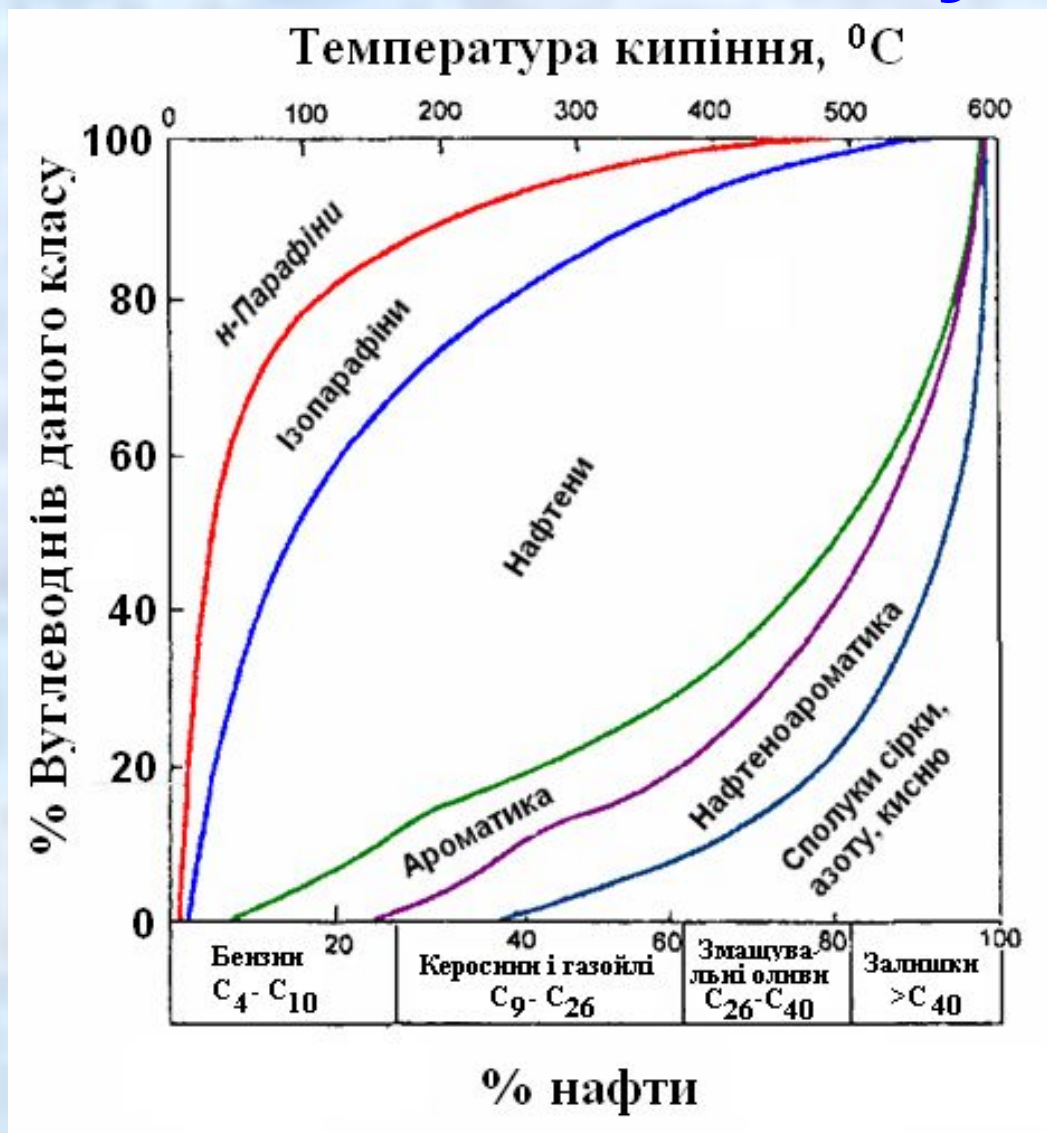
Нафта	Вміст порфірину, ppm	Вміст, ppm	
		V	Ni
Boscan, Венесуела	1680	900	66
Coleville, Канада	110	94	32
North Belridge, Каліфорнія	390	23	83
Tia Juana, Венесуела	60	187	24
Wilmington, Каліфорнія	200	46	60
West Texas, Техас	12	23	5



# Вміст інших елементів у нафті

Елемент	Вміст, ppm	Елемент	Вміст, ppm
<b>Cu</b>	0.2-12.0	<b>Ga</b>	0.001-0.1
<b>Ca</b>	1.0-2.5	<b>Ti</b>	0.001-0.4
<b>Mg</b>	1.0-2.5	<b>Zr</b>	0.00-0.4
<b>Ba</b>	0.001-0.1	<b>Si</b>	0.1-5.0
<b>Sr</b>	0.001-0.1	<b>Sn</b>	0.1-0.3
<b>Zn</b>	0.5-1.0	<b>Pb</b>	0.001-0.2
<b>Hg</b>	0.03-0.1	<b>V</b>	5.0-1500.0
<b>Ce</b>	0.001-0.6	<b>Fe</b>	0.04-120.0
<b>B</b>	0.001-0.1	<b>Co</b>	0.001-12.0
<b>Al</b>	0.5-1.0	<b>Ni</b>	3.0-120.0

# Взаємозалежність температури кипіння та хімічного складу нафти



# Переробка нафти у різних країнах

- США – 1 млрд. т
- Японія - 145 млн. т
- Великобританія – 80 млн. т
- Німеччина – 70 млн. т
- Франція – 70 млн. т
- СРСР – було до 500 млн. т
- Україна – 60 млн. т (1990), 20 млн. т (2004), 3,4 млн. т (2013), 1,5 млн.т (6 міс. 2015)

# Динаміка цін на нафту

Динамика цен на нефть марки Brent за год

