



УЧЕБНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Наименование:

**Природный газ и его свойства.
*Раздел 1.***

***Курс:* Безопасная эксплуатация объектов
газопотребления на «БМЗ»**

Код: УЭ 840-УЦ-024-2012



Основные сведения о топливе

Топливом называются горючие вещества, которые сжигаются для получения тепла. В соответствии с физическим состоянием топливо разделяют на твердое, жидкое и газообразное.

К твердому топливу относят уголь, торф, горючие сланцы, дрова.

К жидкому топливу относят сырую нефть, различные нефтепродукты и мазут.



К газообразному топливу относят природный газ, а также различные промышленные газы: доменный, коксовый, генераторный и прочие.



В зависимости от происхождения топливо разделяется на природное и искусственное.

Природным называют топливо в том виде, в котором оно было получено при добыче: уголь, торф, нефть, природный газ.

Искусственное топливо - это продукт; полученный при технологической переработке природного топлива.

Например: кокс, брикеты угля, дизельное топливо, мазут, доменный, коксовый, генераторный газы.





Топливо, которое по техническим и экономическим соображениям невыгодно перевозить на большие расстояния из-за его низкого качества, как правило, используют вблизи места его добычи или получения, оно называется местным.

К высококачественному топливу относятся каменный уголь, антрациты, жидкое топливо и природный газ.



Горючие газы, используемые в промышленности

Горючие газы подразделяются на ***искусственные*** и ***природные***.

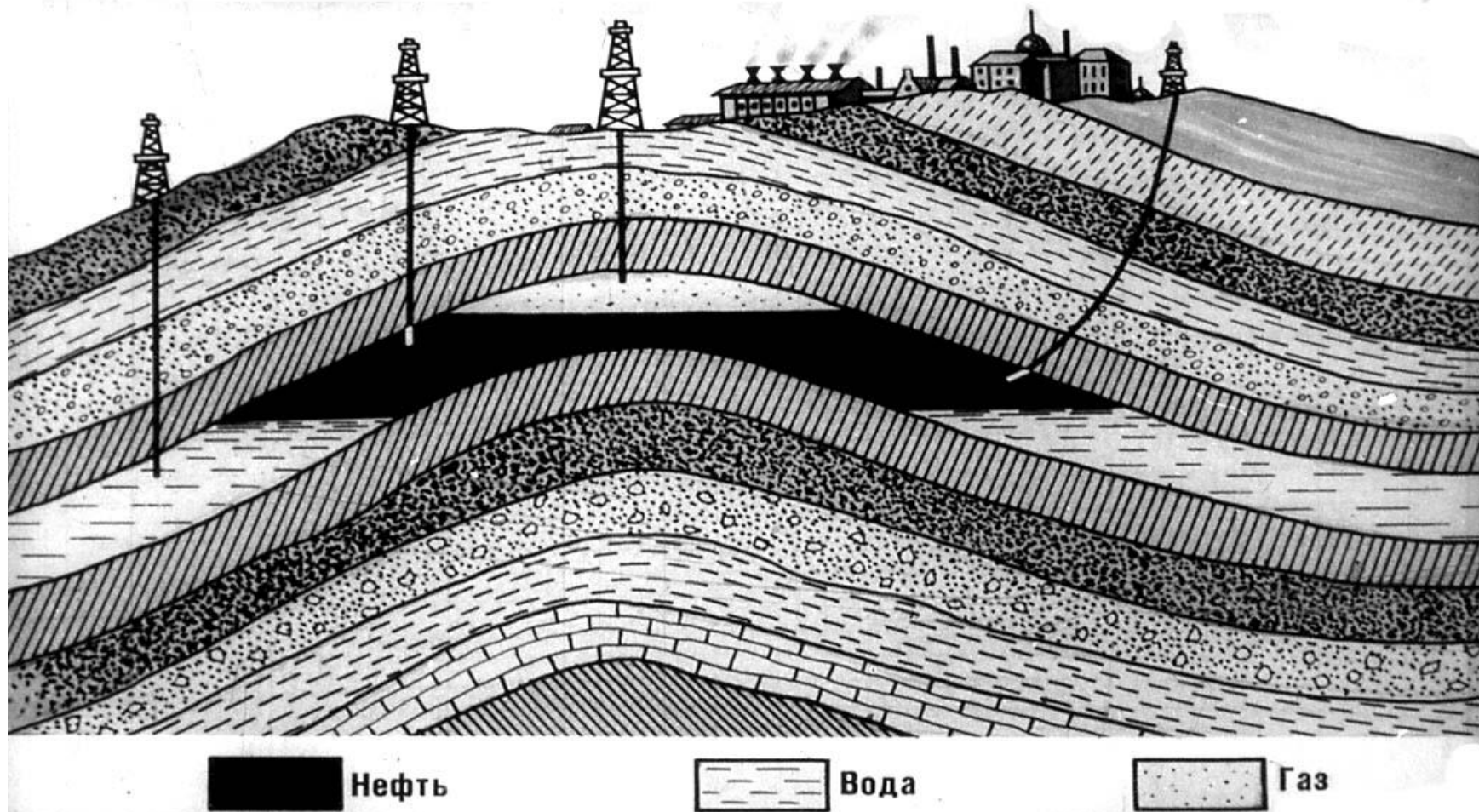
Искусственные газы, к которым относятся коксовый, сланцевый, генераторный и доменный в данной методической разработке не рассматриваются.

Природные газы подразделяют на три группы:

- а) газы, добываемые из чисто газовых месторождений, представляют собой сухой газ без тяжелых углеводородов;
 - б) газы, добываемые из нефтяных месторождений вместе с нефтью, представляют собой смесь сухого газа с газообразным бензином и пропан - бутановой фракцией (попутные газы);
 - в) газы, добываемые из конденсатных месторождений, представляют собой смесь сухого газа и конденсата.
-



Схема разреза нефтегазового месторождения

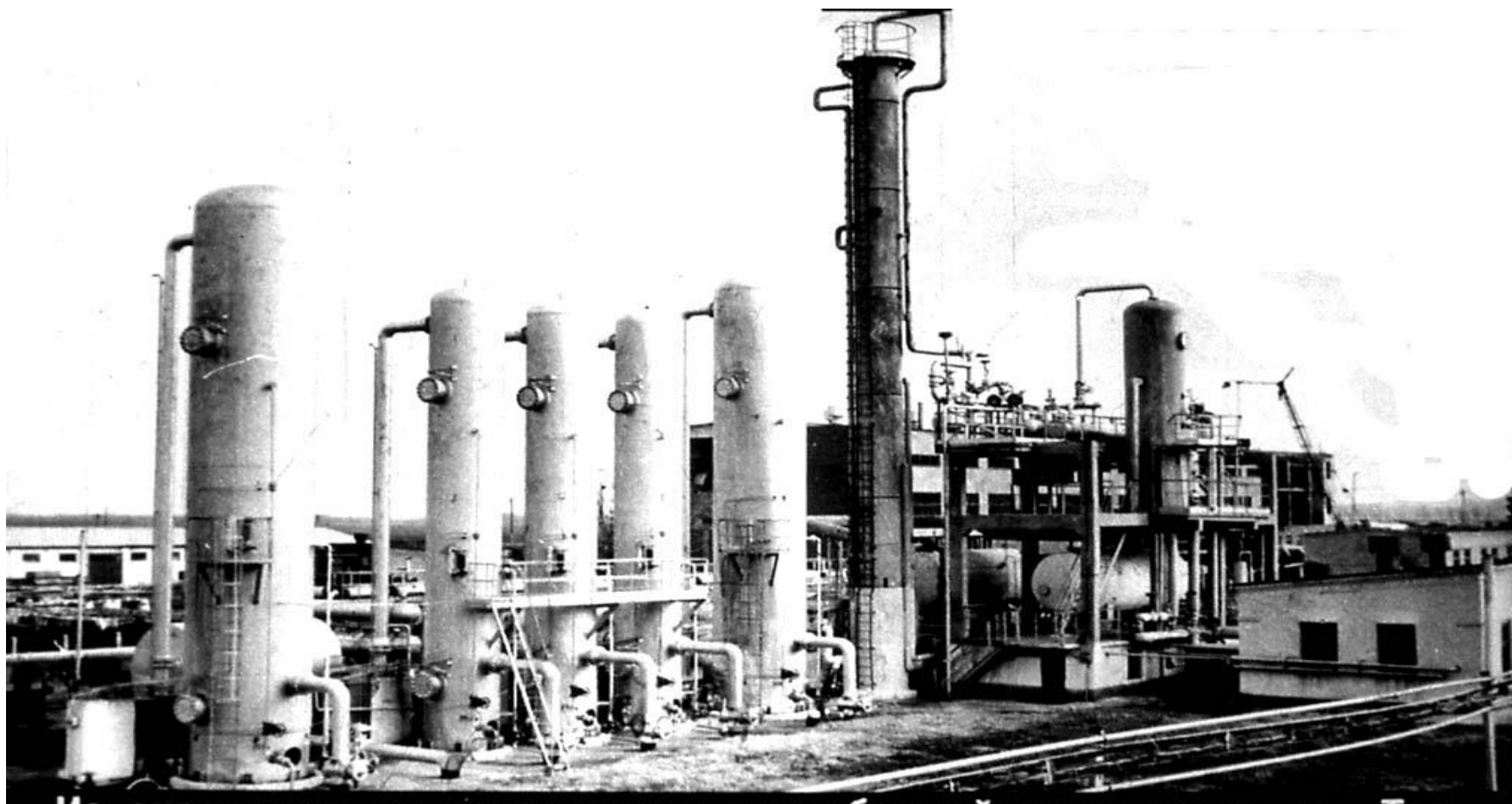




Существуют два способа снабжения потребителей природным газом: непосредственный - по газопроводам и снабжение сжиженным газом, поставляемым потребителям в специальных баллонах.



Газ добывают из недр земли, где он находится под большим давлением. Чтобы поднять его на поверхность, необходимо пробурить скважину. Для бурения скважины устанавливают буровую вышку.



Из скважины газ направляют в газосборный пункт промысла
Там его очищают, сушат и измеряют.



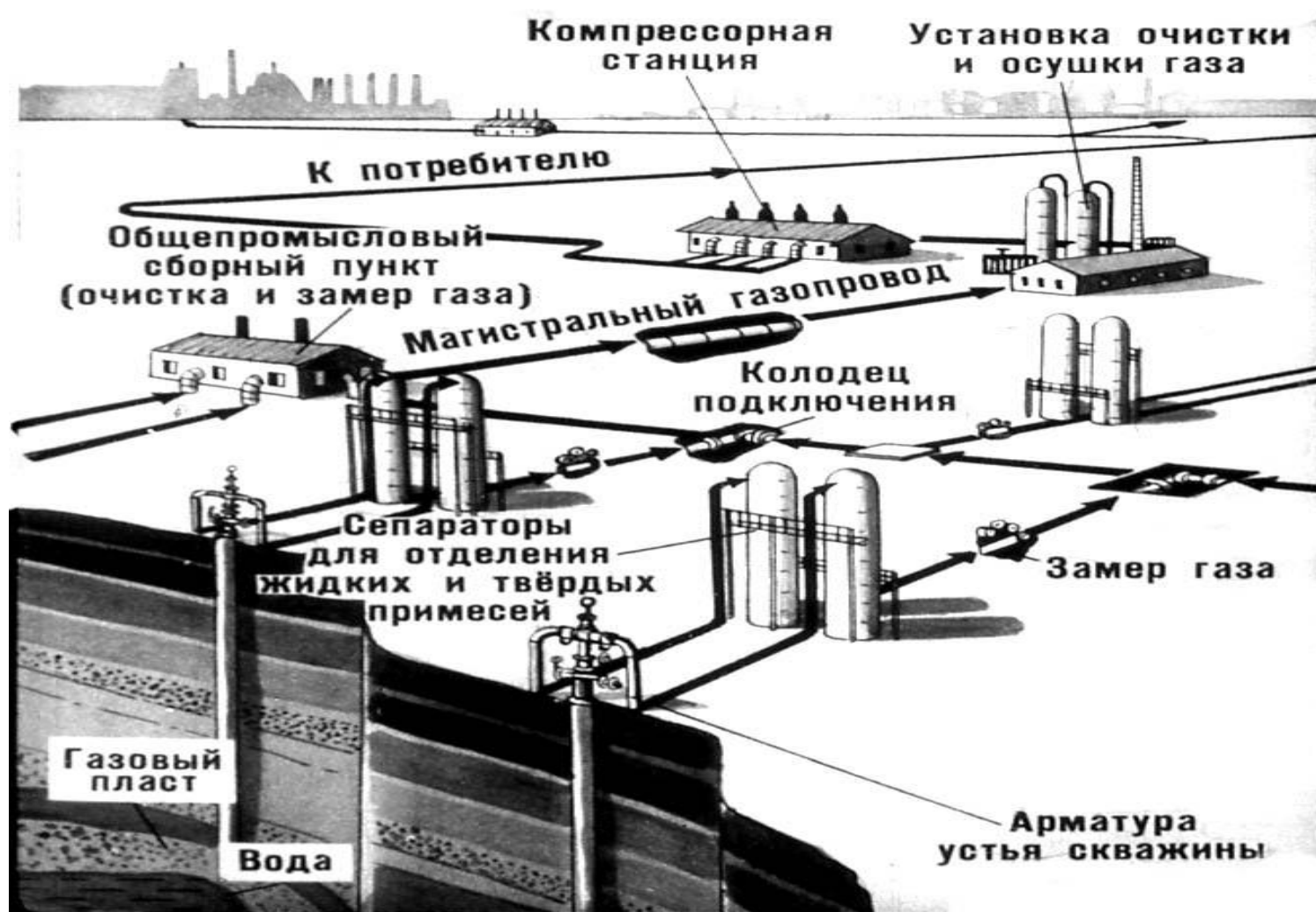
Природные газы перед поступлением в магистральные газопроводы очищают на специальных заводах от содержащихся в них примесей. Присутствие влаги в газе приводит к образованию кристаллогидратов ($\text{CH}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), которые могут полностью закупорить газопровод, а также вызывает значительные затруднения при транспортировке его по газопроводам.

В зимний период наличие влаги приводит к образованию ледяных пробок; поэтому одним из основных этапов обработки газа является его осушка.

Газ очищают также от сероводорода и углекислого газа, затем его одоризируют.



Схема газового промысла





Затем газ по трубам транспортируют на большие расстояния



Укладка магистрального газопровода

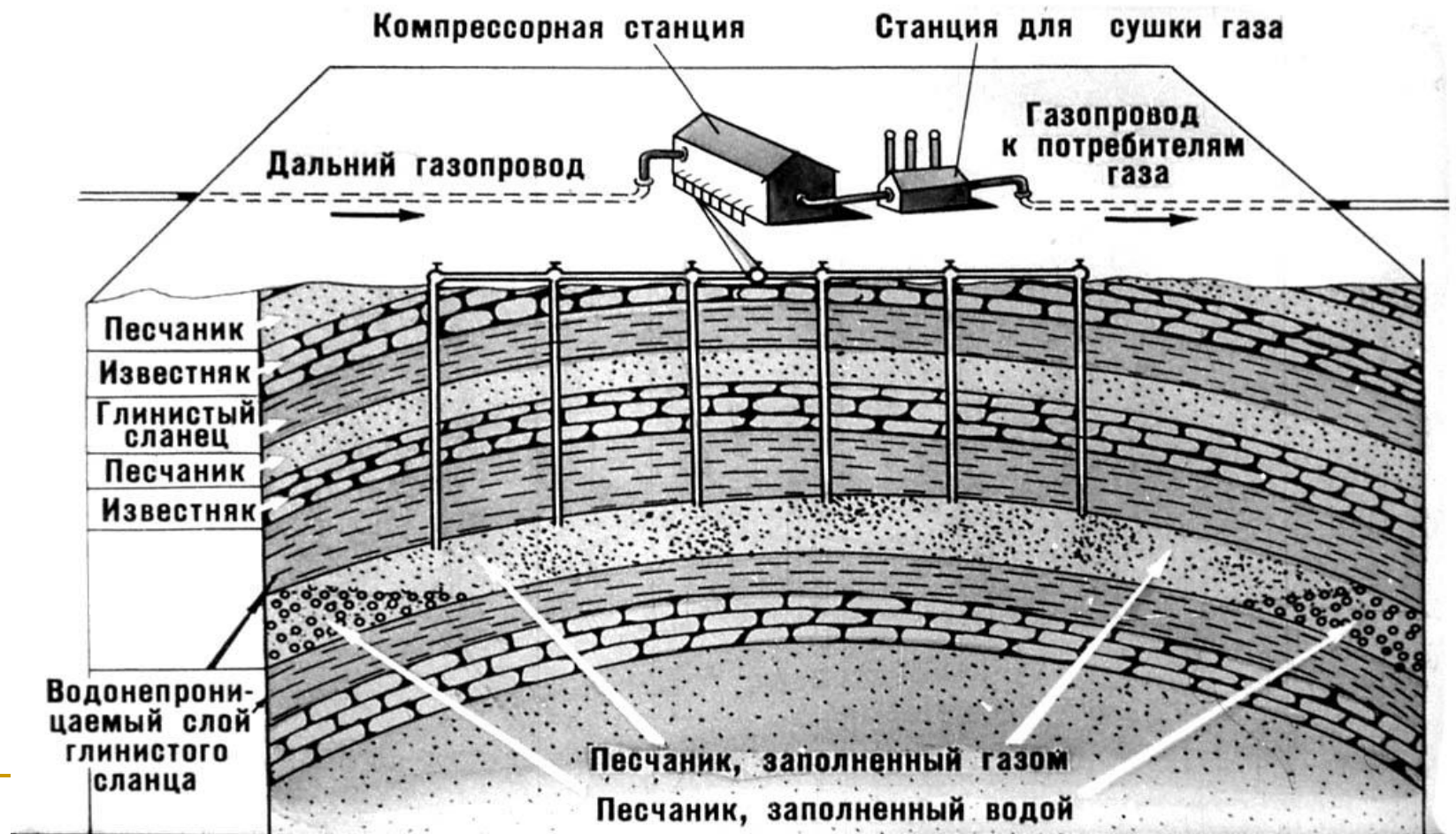


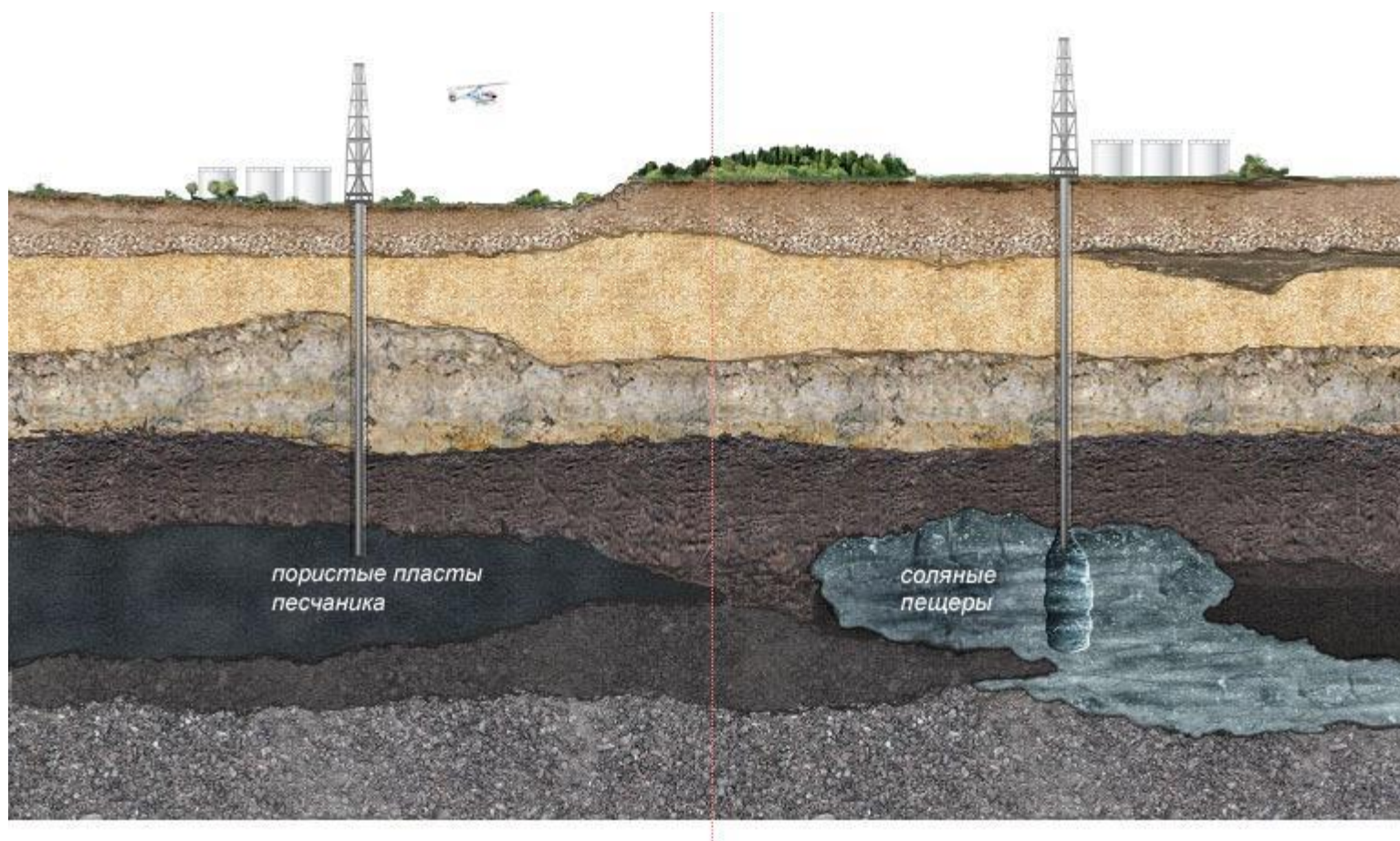


На всем протяжении магистрального газопровода, на расстоянии примерно 150 км друг от друга, устанавливают компрессорные станции. С помощью компрессоров газ сжимается примерно до 75 кгс/см^2 , чем и обеспечивается его последующее движение по газопроводу.



В результате неравномерности расхода газа по дням и месяцам года возникает необходимость в его временном хранении. С этой целью устраивают подземные хранилища в водоносных пластах почвы или используют выработанные газовые и нефтяные месторождения.







Небольшие количества газа хранят в газгольдерах.



Сжижение газа производится на газобензиновых заводах, откуда он в железнодорожных цистернах поступает на газораздаточные станции. Здесь сжиженным газом наполняют баллоны и автоцистерны.



Газ в баллонах доставляют непосредственно потребителям. Из автоцистерн заполняют сжиженным газом резервуарные установки промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных потребителей.





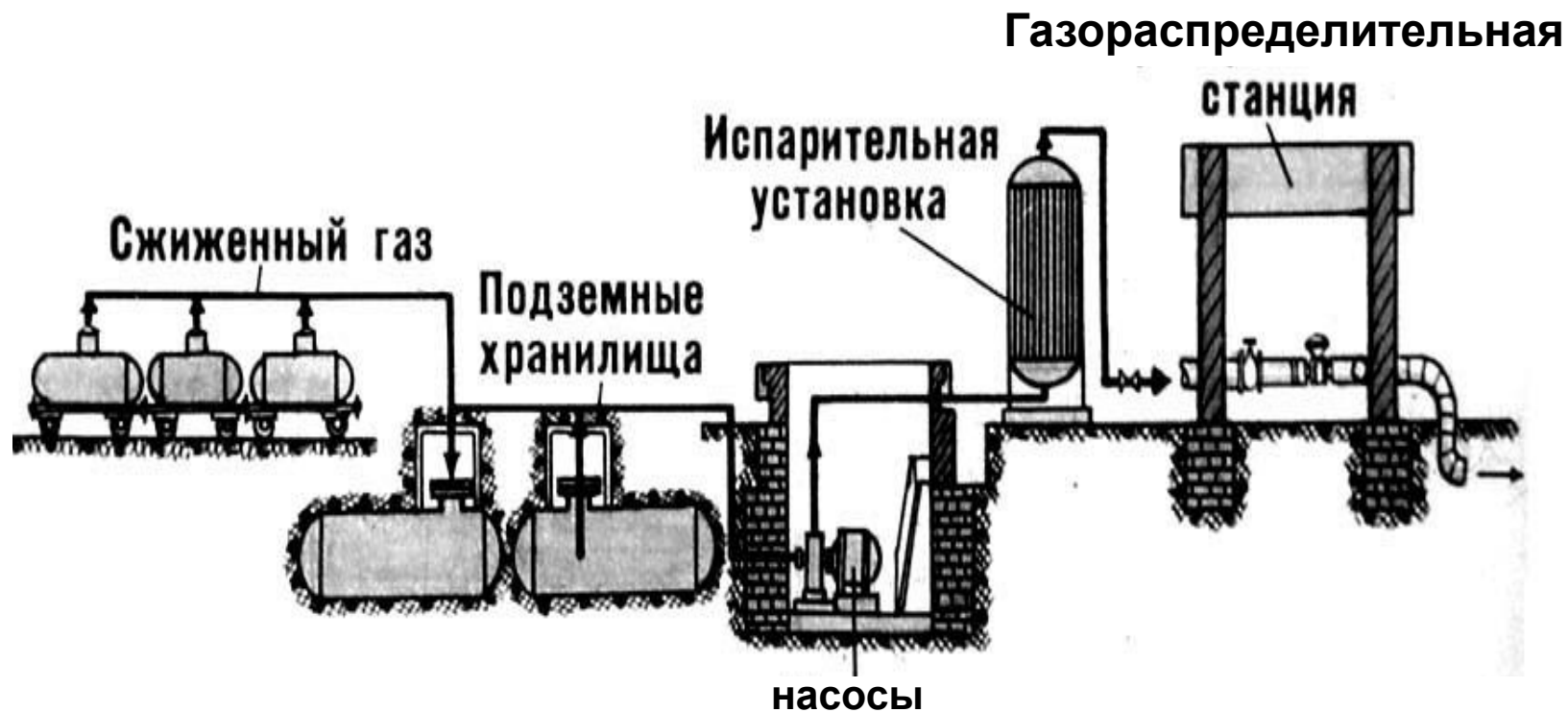
Полученную из нефтяного газа пропан – бутановую смесь сжижают и используют как топливо.

Установка жидкого газа для квартиры





Схема городского снабжения сжиженным газом





Сжиженный газ по сравнению со сжатым обладает следующими преимуществами:

в баллонах одинаковой емкости сжиженного газа помещается примерно в **2 раза** больше, чем сжатого;

сжиженный газ при сгорании выделяет теплоты в **3 раза** больше, чем такое же объемное количество сжатого природного газа;



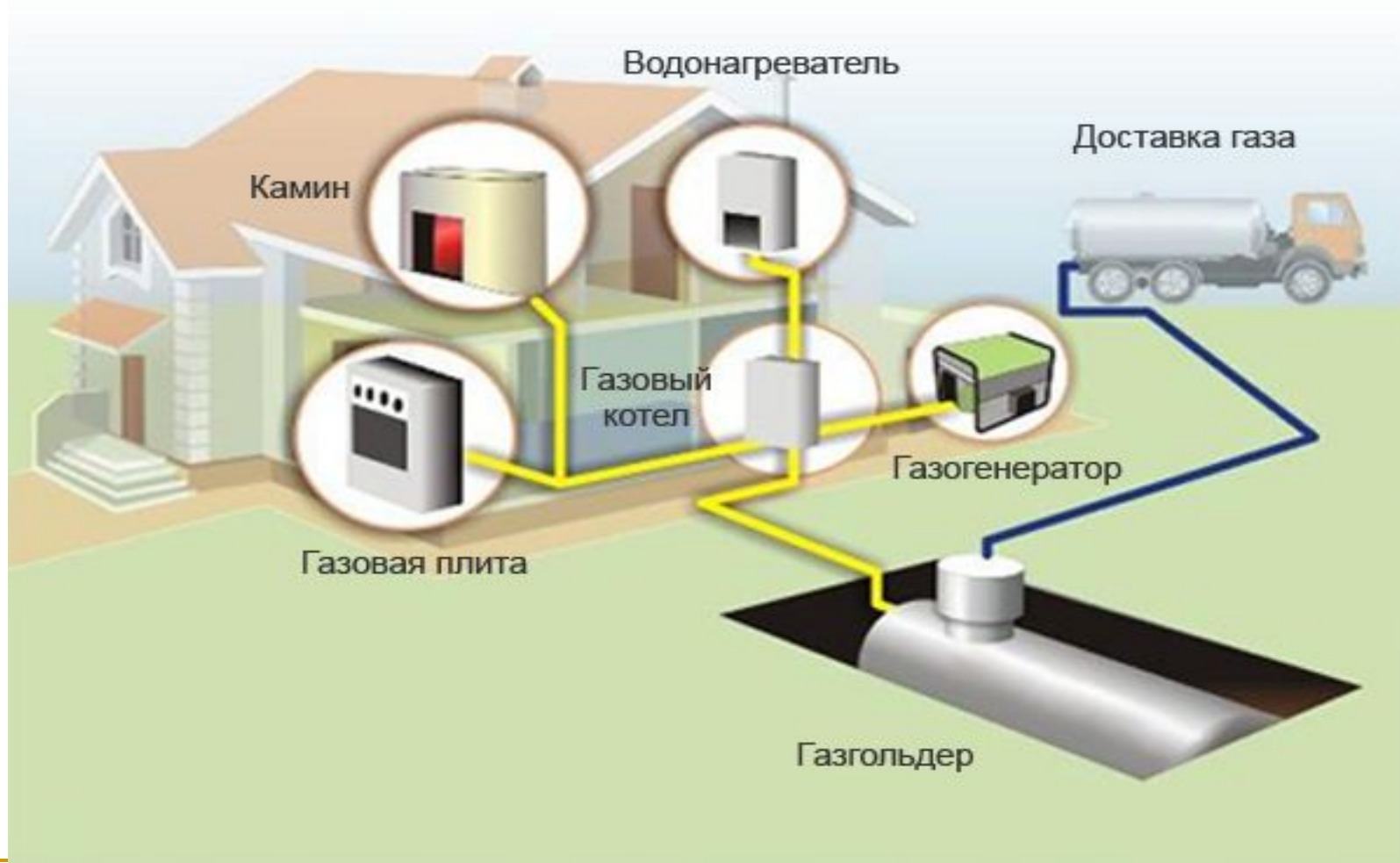
сжиженный газ хранят в резервуарах при давлении более чем в **10 раз** меньшем по сравнению со сжатым, что снижает стоимость резервуаров и арматуры, упрощает конструкцию и повышает безопасность хранения.



По сравнению с природным газом сжиженный обладает рядом специфических свойств, требующих сложного оборудования для его хранения, транспортировки и использования. Основная особенность сжиженного газа состоит в том, что он хранится и транспортируется в жидком виде, а используется в газообразном.

При незначительном понижении температуры и повышении давления этот газ превращается в жидкость, а при температуре -40°C и атмосферном давлении переходит в газообразное состояние.







Плотность горючих газов

Для сравнения плотности газа с другими газами или средами применяется понятие относительная плотность. Это отношение плотности данного газа (вещества) к плотности стандартного вещества (воздуха, воды и др.) при определенных условиях (см. табл. 1).

Газ	Химическая формула	Плотность при $t=0^{\circ}\text{C}$ $P=100$ кПа (760 мм рт. ст.), $\text{кг}/\text{м}^3$	Относительная плотность по воздуху
Водород	H_2	0,09	0,07
Оксид углерода	CO	1,25	0,97
Метан	CH_4	0,72	0,55
Пропан	C_3H_8	2,01	1,55
Бутан	C_4H_{10}	2,7	2,01
Кислород	O_2	1,43	1,11
Углекислый газ	CO_2	1,53	1,53



При относительной плотности меньше единицы газы при утечках скапливаются, прежде всего в верхней зоне помещений, а газы с относительной плотностью более единицы (сжиженные) опускаются в каналы, подвалы и т. п..



Плотность жидкой фазы с изменением давления практически не меняется. Жидкая фаза пропана и бутана имеет большой коэффициент объемного расширения, в среднем 0,003, что в 15 раз больше, чем у воды, поэтому при изменении температуры объем жидкой фазы газа значительно увеличивается



Изменение объема жидкости в зависимости от температуры вычисляется по формуле:

$$V_{t1} = V_{t2}(1+k\Delta t)$$

где k - коэффициент объемного расширения;
 t_1, t_2 - начальная и конечная температуры газа;
 V_{t1}, V_{t2} - объемы жидкости при t_1, t_2 .



Пример. Баллон объемом 50 л заполнен 45 л сжиженного газа при температуре 0°C.

Что произойдет при нагревании баллона в помещении до 40°C?

Решение: $V_{t40} = 45 (1 + 0,003 \cdot 40) = 45 \cdot 1,12 = 54$ л.

Полученный объем превышает объем баллона.

Поэтому произойдет его разрушение, что приведет к тяжелым последствиям.



Для предупреждения случаев, приведенных в примере, баллоны заполняются не более чем на **85 %** объема, не допускается перегрев баллонов, а их наполнение производится при положительных температурах.





Степень изменения объема сжиженного газа при переходе из жидкого состояния в газообразное определяется по формуле:

$$\Pi = \rho_{ж} / \rho_{газ} ,$$

где $\rho_{ж} / \rho_{газ}$ - плотности жидкой и газовой фаз

$\Pi = 585 / 2,01 = 290$ - для пропана,

$\Pi = 500 / 2,7 = 185$ - для бутана.





ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ

У природных газов отсутствует цвет, запах, вкус.

К основным показателям природных газов относятся: состав, теплота сгорания, плотность, температура горения и воспламенения, границы взрываемости и давление при взрыве.

Природные газы чисто газовых месторождений в основном состоят из метана (**82-98 %**) и других углеводородов.

В составе горючего газа имеются горючие и негорючие вещества.

К горючим газам относятся: углеводороды, водород, сероводород. К негорючим относятся: углекислый газ, кислород, азот и водяной пар.

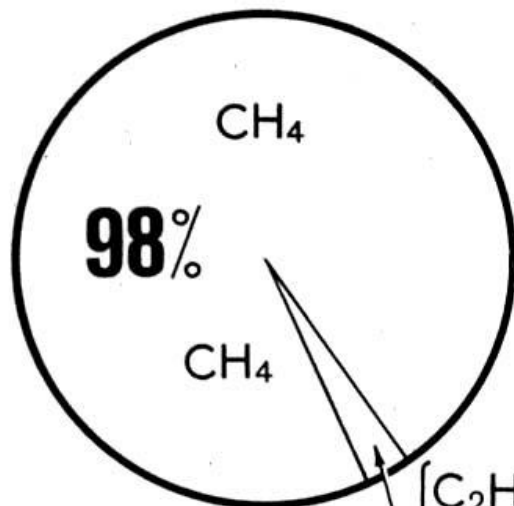
После добычи из газа извлекают токсичный газ сероводород, содержание которого на тот момент не должно превышать

0,02 г/м³.



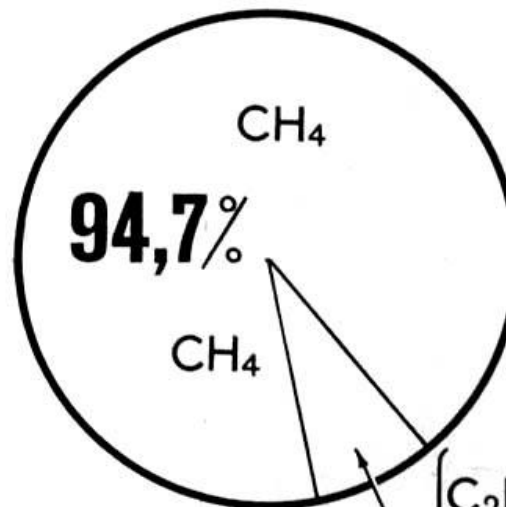
Состав природного газа (в объёмных % %)

Ставропольский газ



$C_2H_6 - 0,4\%$
 $C_3H_8 - 0,15\%$
 $C_4H_{10} - 0,03\%$
 $N_2 \text{ и } CO_2 - 1,42\%$

Саратовский газ

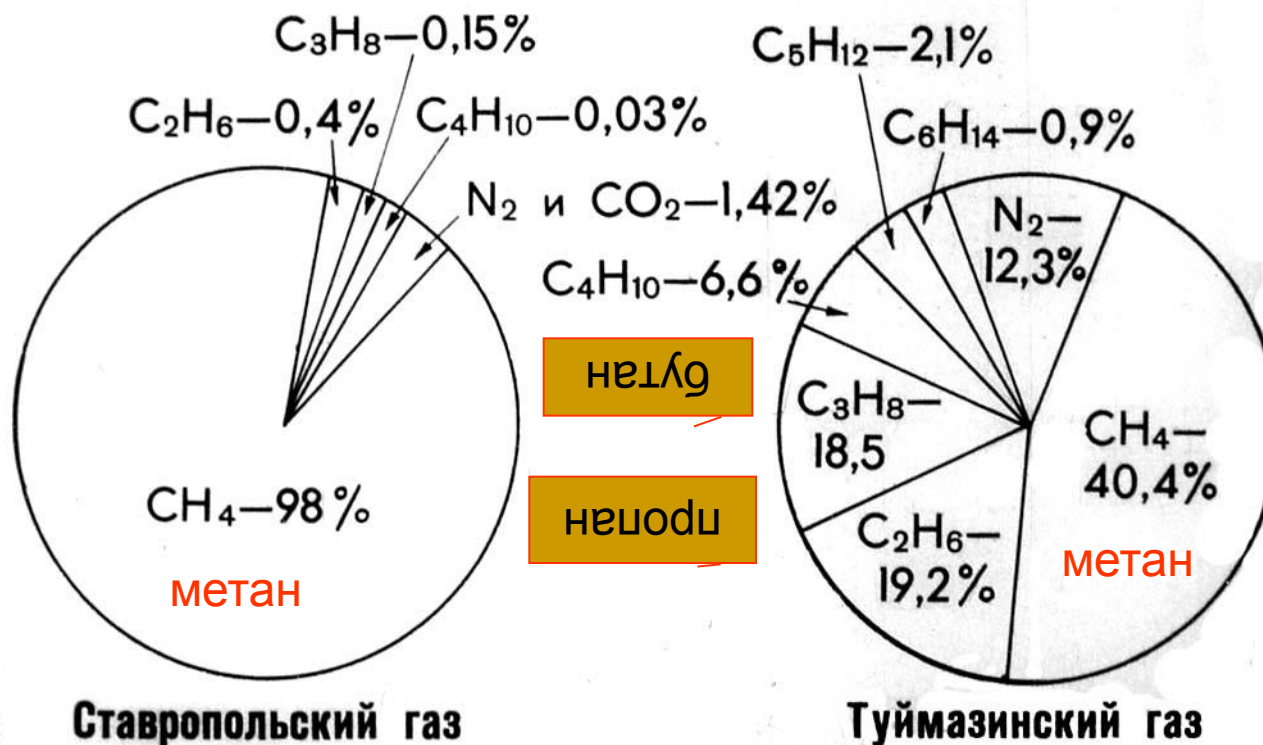


$C_2H_6 - 1,8\%$
 $C_3H_8 - 0,25\%$
 $C_4H_{10} - 0,05\%$
 $CO_2 - 0,2\%$
 $N_2 \text{ и др.} - 3,0\%$

Природный газ преимущественно состоит из метана

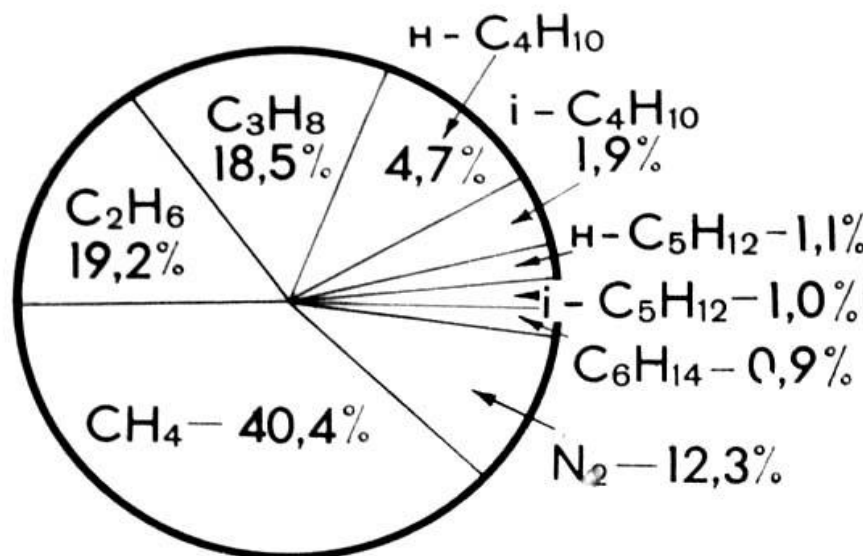


Сравнение природных и попутных газов по химическому составу

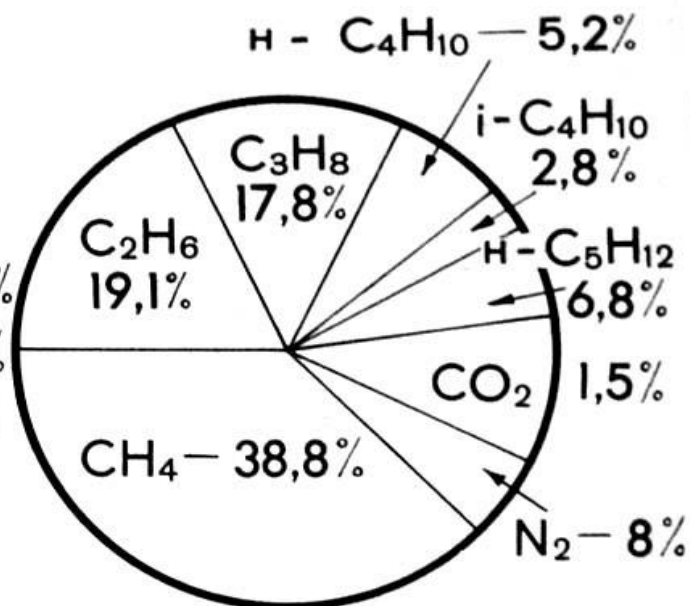




Состав попутных газов (в объёмных % %)



**Туймазинское
месторождение**



**Ромашкинское
месторождение**

Обратите внимание на процентное содержание метана и его гомологов в попутных (сопутствующих нефти) газах.



Существует много углеводородов, сходных с метаном, то есть гомологов метана (греч. «гомолог» — сходный). В их молекулах имеются два, три, четыре и более атомов углерода. Каждый последующий углеводород отличается от предыдущего группой атомов CH_2 .

CH_4 – метан C_5H_{12} - пентан

C_2H_6 – этан C_6H_{14} - гексан

C_3H_8 – пропан C_7H_{16} – гептан

C_4H_{10} – бутан C_8H_{18} - октан

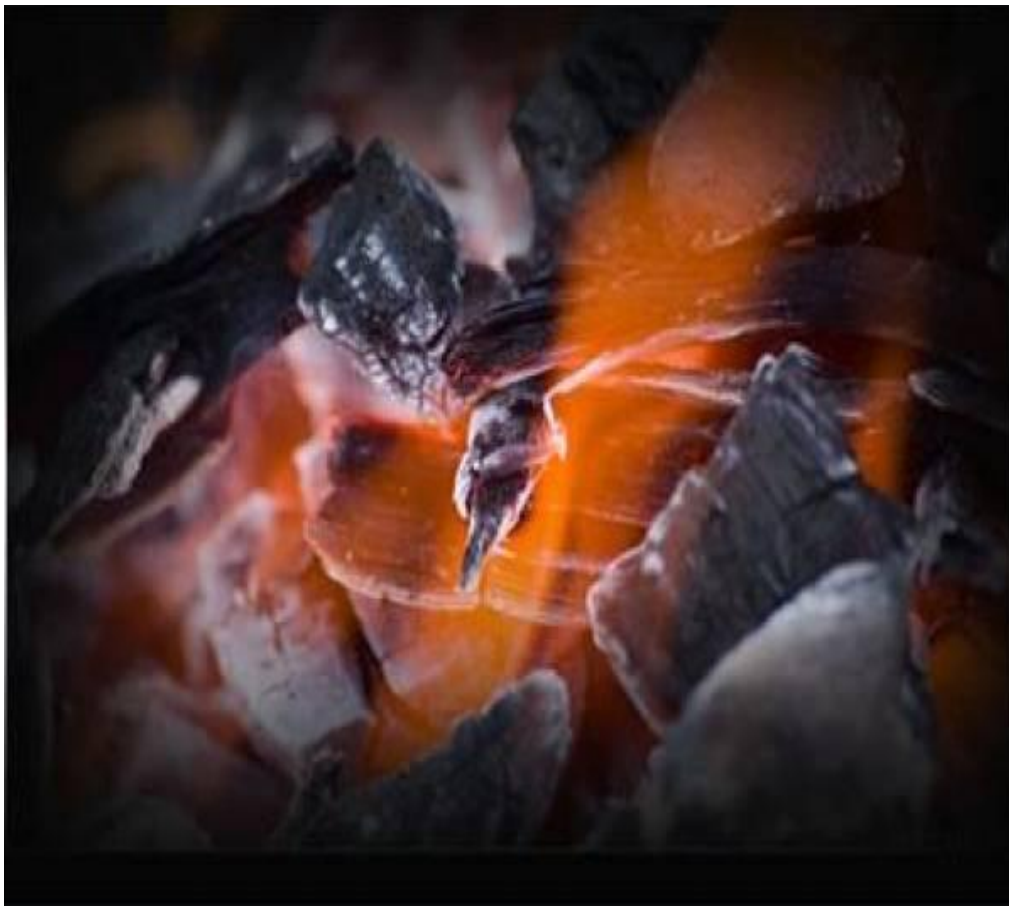
C_9H_{20} - нонан

$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ - декан





Теплота сгорания - это количество тепла, выделяемое при полном сгорании **1 м³** газа. Измеряется теплота сгорания в ккал/м³, кДж/м³ газа.



Теплота сгорания при которой учитывается затраченное тепло на конденсацию водяных паров, находящихся в дымовых газах - называется **высшей**, и напротив, **низшей** – при которой это тепло в расчет не берется.



В расчетах в основном пользуются низшей теплотой сгорания топлива, по причине высокой температуры уходящих газов в топливопитающих устройствах по сравнению с температурой, при которой осуществляется конденсация водяных паров.





Условное топливо

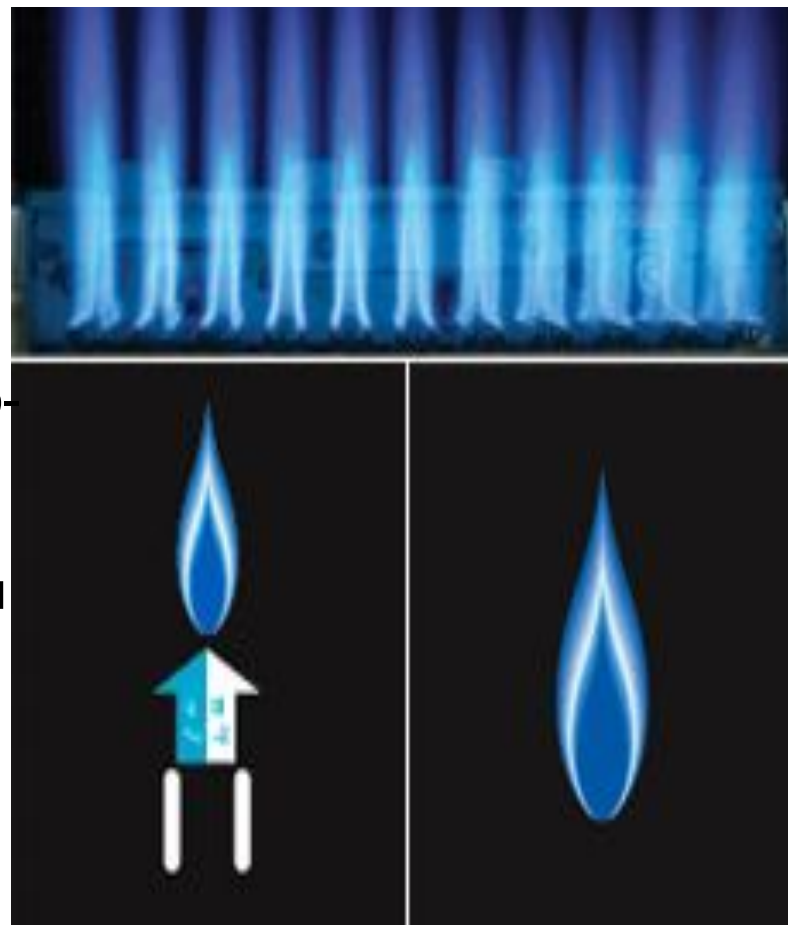
Различие теплот сгорания топлив разных видов, сортов и марок весьма велико. Так, как теплота сгорания твердых топлив колеблется от 8-12 МДж/кг у торфа до 25-26 МДж/кг у каменных углей; жидких топлив – 40 МДж/кг у мазутов до 47 МДж/кг у бензинов.

Еще больший разброс в тепловых сгораниях у газов. В силу этого обстоятельства учет и планирование расхода топлива, контроль за его экономичным потреблением сильно затруднены не только в общегосударственных масштабах, но и в пределах крупного предприятия.





Поэтому для сравнения тепловой ценности различных топлив, вариантов замен одного топлива другим, составления норм расхода топлива и планирования его потребности введены такие технико-экономические понятия, как условное топливо и топливные эквиваленты. Условным называется топливом, имеющая теплоту сгорания **$Q_{сн}=29,309\text{МДж/м}^3$** (**МДж/кг**).





Важнейшей особенностью любого горючего газа является **жаропродуктивность**, то есть максимальная температура достигаемая при полном сгорании газа, если необходимое количество воздуха для горения, точно следует химическим формулам горения, а изначальная температура газа и воздуха равняется нулю.



Жаропродуктивность природных газов составляет около **2 000 - 2 100 °С**, метана - **2 043 °С**. Действительная температура горения в топках значительно ниже жаропродуктивности и зависит от условий сжигания.



Величина рассчитываемая отношением массы вещества к его же объему называется **плотностью вещества**.

Измеряется плотность в **кг/м³**. Плотность природного газа полностью зависит от его состава и находится в пределах ***c = 0,73-0,85 кг/м³***.



Температурой воспламенения называется температура топливовоздушной смеси, смесь при которой загорается без источника воспламенения. Для природного газа она находится в пределах **645-700 °С**.



Пределы воспламенения (взрыва)

Наименьшее содержание горючего газа в смеси с воздухом, при котором смесь при начальной температуре 20 °С, загорается от источника огня называется **нижним пределом воспламенения**, наибольшее содержание горючего газа, при котором смесь загорается, - **верхним пределом**.

Границы взрываемости природного газа:
до 4,5 % - не горит;
от 4,5 до 17 % - взрывается;
больше 17 % - горит при подаче воздуха;





Резкое возрастание давления и быстрое расширение продуктов горения обуславливают разрушительный эффект взрыва.

Давление, возникающее при взрыве природного газа в помещениях, достигает **0,8 МПа**. При взрывах газовоздушной смеси в трубах с большими диаметром и длиной скорость распространения пламени может превзойти скорость распространения звука и достичь 2 000—4 000 м/с. В результате быстро движущегося взрывного воспламенения местное повышение давления составит **8 МПа** и выше. Такое взрывное воспламенение называется детонацией.





Детонация объясняется возникновением и действием ударных волн в воспламеняющейся среде. Перемещаясь с большой скоростью, ударная волна резко увеличивает температуру и давление газовой смеси, что вызывает ускорение реакции взрыва и увеличивает разрушительный эффект детонации.





Наиболее опасны с точки зрения возможности взрыва газы с самыми низкими пределами взрываемости.

При близких величинах нижних пределов взрываемости двух газов наиболее опасен газ, у которого шире область взрываемости и ниже температура самовоспламенения.





Таблица 2

Температура самовоспламенения и концентрационные пределы воспламенения (взрыва) наиболее распространенных горючих газов

Газ	Температура самовоспламенения, °С	Концентрационные пределы воспламенения газа в смеси с воздухом, %		Газ	Температура самовоспламенения, °С	Концентрационные пределы воспламенения газа в смеси с воздухом, %	
		нижний	верхний			нижний	верхний
Метан	650	5	15	Пропан	500	2,37	9,5
Ацетилен	305	2,5	80	Этан	510	3,2	12-45
Бутан	430	1,86	8,4	Водород	510	4	74,2



У природного газа отсутствует запах. Для того чтобы определить утечку газ **одоризируют** (то есть придают ему специфический запах).

Проведение одоризации осуществляется путем использования этилмеркаптана.

Норма одоризации **16 г на 1 000 м3 газа**.

Осуществляют одоризацию на газораспределительных станциях (ГРС).

При попадании в воздух **1 %** природного газа начинает ощущаться его запах.

Практика показывает, что средняя норма **этилмеркаптана** для одоризации природного газа, который поступает в городские сети, должна составлять **16 г на 1 000 м3 газа**.



По сравнению с твердым и жидким топливом природный газ выигрывает по многим параметрам:

- относительная дешевизна, которая объясняется более легким способом добычи и транспорта;
- отсутствие золы и выноса твердых частичек в атмосферу;
- высокая теплота сгорания;
- не требуется подготовки топлива к сжиганию;
- облегчается труд обслуживающих работников и улучшение санитарно-гигиенических условий его работы;
- облегчаются условия автоматизации рабочих процессов.





Из-за возможных утечек через неплотности в соединениях газопровода и в местах присоединения арматуры использование природного газа требует особой внимательности и осторожности. Проникновение в помещение более **20 %** газа может привести к удушью, а при наличии его в закрытом объеме от **4,5 до 17 %** может вызвать взрыв газовой смеси. При неполном сгорании образуется токсичный угарный газ **СО**, который даже при небольших концентрациях приводит к отравлению обслуживающего персонала.





Свойства отдельных составляющих природного газа (рассмотрим подробный состав природного газа)

Метан (СН₄) – это бесцветный газ без запаха, легче воздуха. Горюч, но всё же его можно хранить с достаточной лёгкостью.

Этан (С₂Н₆) – бесцветный газ без запаха и цвета, чуть тяжелее воздуха. Также горюч, но не используется как топливо.

Пропан (С₃Н₈) – бесцветный газ без запаха, ядовит. У него имеется полезное свойство: пропан сжижается при небольшом давлении, что позволяет легко отделять его от примесей и транспортировать.



Бутан (C₄H₁₀) – по свойствам близок к пропану, но имеет более высокую плотность. Вдвое тяжелее воздуха.

Углекислый газ (CO₂) – бесцветный газ без запаха, но с кислым вкусом. В отличие от других компонентов природного газа (за исключением гелия), углекислый газ не горит. Углекислый газ – один из самых малотоксичных газов.

Гелий (He) – бесцветный, очень лёгкий (второй из самых лёгкий газов, после водорода) без цвета и запаха. Крайне инертен, при нормальных условиях не реагирует ни с одним из веществ. Не горит. Не токсичен, но при повышенном давлении может вызывать наркоз, как и другие инертные газы.





Сероводород (H_2S) – бесцветный тяжелый газ с запахом тухлых яиц. Очень ядовит, даже при очень маленькой концентрации вызывает паралич обонятельного нерва.

Свойства некоторых других газов, не входящих в состав природного газа, но имеющих применение, близкое к применению природного газа



Этилен (C_2H_4) – Бесцветный газ с приятным запахом. По свойствам близок к этану, но отличается от него меньшей плотностью и горючестью.

Ацетилен (C_2H_2) – чрезвычайно горючий и взрывоопасный бесцветный газ. При сильном сжатии способен взрываться. Он не используется в быту из-за очень большого риска пожара или взрыва. Основное применение – в сварочных работах.



ПРИМЕНЕНИЕ

Метан используется как горючее в газовых плитах.

Пропан и бутан – в качестве топлива в некоторых автомобилях. Также сжиженным пропаном заполняют зажигалки.

Этан в качестве горючего используют редко, основное его применение – получение этилена.

Этилен является одним из самых производимых органических веществ в мире. Он является сырьём для получения полиэтилена





Ацетилен используется для создания очень высокой температуры в металлургии (сверка и резка металлов). Ацетилен очень горюч, поэтому в качестве топлива в автомобилях не используется, да и без этого условия его хранения должны строго соблюдаться.

Сероводород, несмотря на его токсичность, в малых количествах применяется в так называемых сероводородных ваннах. В них используются некоторые антисептические свойства сероводорода.

Основным полезным свойством **гелия** является его очень маленькая плотность (в 7 раз легче воздуха). Гелием заполняют аэростаты и дирижабли. Водород ещё более лёгок, чем гелий, но в то же время горюч. Большую популярность среди детей имеют воздушные шары, надуваемые гелием.



Токсичность газового топлива и продуктов сгорания

Токсичность газового топлива заключается в способности вызывать отравление человека при вдыхании вредных компонентов, содержащихся в топливе или в продуктах его сгорания.

Наиболее опасным является **оксид углерода** (угарный газ), который выделяется при сжигании газа при недостаточном количестве воздуха. Значительное количество оксида углерода содержится в искусственных газах (доменном, коксовом).

Углекислый газ при концентрации в воздухе в пределах 4-5 % приводит к сильному раздражению органов дыхания, а при 10 % вызывает сильное отравление.

Воздействие различных концентраций газов во вдыхаемом воздухе на организм человека приведено в табл. 2.



Таблица 2

Характеристики воздействия различных газов на организм человека

Газ	Содержание в воздухе		Длительность и характер воздействия
	об. %	мг/л	
Оксид углерода	0,1	1,25	Через 1 ч головная боль, тошнота, недомогание. Через 20-30 мин смертельное отравление. Через 1-2 мин очень сильное или смертельное отравление.
	0,5	6,25	
	1,0	12,5	
Сероводород	0,01-0,015	0,15-0,22	Через несколько часов лёгкое отравление. Через 5-8 мин. сильное раздражение глаз, носа, горла. Быстрое смертельное отравление.
	0,02	0,31	
	0,1-0,3	1,54-4,6	
Сернистый газ	0,001-0,002	0,029-0,058	При длительном воздействии раздражение горла, кашель. Кратковременное воздействие опасно для жизни.
	0,5	1,46	
Оксид азота	0,006	0,29	При кратковременном воздействии раздражение горла. При кратковременном воздействии смертельное отравление.
	0,025	1,2	



Сильное вредное воздействие на организм человека оказывают сероводород, оксиды серы и азота.

Метан и другие углеводородные газы не ядовиты, но вдыхание их вызывает головокружение, а значительное содержание в воздухе приводит к удушью из-за недостатка кислорода.

Сжиженные углеводородные газы, попадая на кожу человека, вызывает обморожение. Для определения утечки газа в сжиженный газ добавляют 60-90 г этилмеркаптана на 1 т газа.

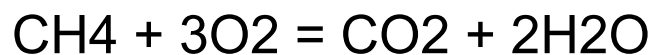




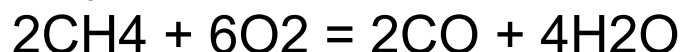
Процесс горения

Все углеводороды при полном окислении (избыток кислорода) выделяют углекислый газ и воду.

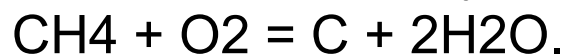
Например:



При неполном (недостаток кислорода) - угарный газ и воду:



При ещё меньшем количестве кислорода выделяется мелкодисперсный углерод (сажа):





Метан горит голубым пламенем,
этан - почти бесцветным, как спирт,
пропан и бутан - жёлтым,
этилен - светящимся,
угарный газ - светло-голубым.
ацетилен - желтоватым, сильно коптит.

Если у Вас дома стоит газовая плита и вместо обычного голубого пламени вы видите жёлтое - знайте, это метан разбавляют пропаном.





Кубический метр газа – это много или мало

Сколько кубометров газа нужно для того, чтобы согреться и приготовить еду

Жилые дома (на 1 чел. в год)



Больницы, родильные дома



Столовые, рестораны, кафе



Хлебозаводы, комбинаты, пекарни



Животноводческие фермы

