



Natural Gas Processing

Presented by:
Nafiseh Binesh

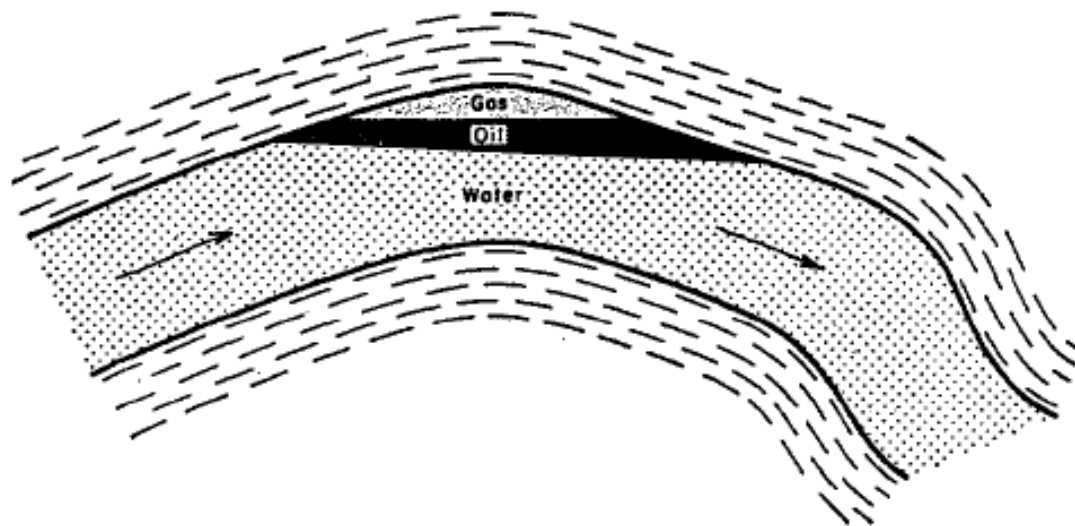
فصل اول

مقدمه ای بر فرآیند استخراج گاز طبیعی

۱-۱: منشأ اولیه نفت و گاز

- بقایای گیاهان و جانوران طی میلیون‌ها سال در کف دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها ته نشین شده و به تدریج تجزیه و به صورت عناصر آلی درآمده‌اند.
- بر اثر فشار و گرمای درونی زمین به نفت و گاز تبدیل و در عمق سه تا چهار کیلومتری اعماق زمین و در خلل و فرج لایه‌های آن و با فشار چندصداتمسفر، در داخل سنگ‌های مخزن، بصورت ذخیره می‌باشند.
- گاز به تناسب ترکیب درصد اجزای تشکیل دهنده آن ممکن است ارزش حرارتی متفاوتی داشته باشد که خود شاخصی از منبع فسیلی آن است.

- گازهای طبیعی زیرزمینی یا به تنهایی و یا به همراه نفت تشکیل کانسار (مخزن، معدن) می دهند.
- در صورت همراه بودن با نفت، گازها در داخل نفت حل می شوند و عمدتاً نیز به همین صورت یافت می شوند (گاز محلول یا همراه)
- نهایتاً در صورت رسیدن به درجه اشباع تجزیه شده و به دلیل وزن مخصوص کمتر در قسمت فوقانی کانسار و بر روی نفت و یا آب به شکل گنبد های گازی (Gas Dome) قرار می گیرند (گاز همراه).



- گاز همراه حاوی مقادیر کم تا متوسط متان و مقادیر بیشتری هیدروکربن های سنگین است.
- گاز غیرهمراه حاوی مقادیر زیادی متان و مقادیر کمی هیدروکربن های سنگین است. در بعضی موارد می تواند حاوی میعانات باشد که بعد از استخراج از مخازن بر اثر افت فشار از گاز جدا می شود.
- گاز متان در دما و فشار موجود در مخازن متراکم نمی گردند، بنابراین همیشه به صورت گاز باقی مانده، ولی در مخازنی که تحت فشار بالا هستند، به شکل محلول در نفت درمی آید.
- سایر اجزای گاز طبیعی در مخازن بسته به شرایط موجود در کانسار در فاز مایع و یا فاز بخار یافت می شوند.

۱-۲: استخراج گاز

- اولین گام برای استخراج، شناسایی مخازن زیرزمینی یا اکتشاف است که توسط مهندسين زمین شناسی نفت انجام می پذیرد.
- از نظر زمین شناسی، پتاسیل های نفتی مناطق مختلف به سه گروه تقسیم می شود:
 - ✓ گروه اول: مناطق غیرمحتمل که شامل مناطقی می شود که فقط از سنگ های آذرین با دگرگونی و یا رسوبات غیردریایی که فاقد مواد آلی هستند، تشکیل شده باشد.
 - ✓ گروه دوم: مناطق محتمل از نظر ذخایر نفت و گاز که مناطقی هستند که رسوبات دریایی در آنها شناخته شده و عواملی که با تشکیل و تجمع نفت مغایرت داشته باشد، در آنها دیده نشده است.
 - ✓ گروه سوم: مناطقی که از هر جهت برای تشکیل و ذخیره مواد هیدروکربوری مناسب بوده و این مواد در آنها کشف و شناخته شده یا شواهد وجود این پتانسیل جدی است.

- در ایران گاز طبیعی را از دو نوع چاه استخراج می کنند:

1. میادین گازی یا چاههای مستقل گازی: از قبیل میادین گاز پارس جنوبی، خانگیران و

- اگر بیشترین ماده موجود در مخزن زیرزمینی، گاز طبیعی باشد، به آن «چاه مستقل گازی» می گویند. گاز طبیعی خام که از چاههای مستقل گازی استخراج می گردد و هنوز فرایندهای سرچاهی و پالایشی را طی نکرده است، از مواد مختلفی تشکیل گردیده است. این مواد به طور عمده شامل:

✓ هیدروکربور متان

✓ گاز اتان

✓ هیدروکربورهای سنگین تر مانند پروپان، بوتان

✓ میعانات گازی حاوی بنزین و همچنین مقداری از ناخالصی های غیرهیدروکربوری شامل بخار آب، دی اکسید کربن، منواکسید کربن، نیتروژن، سولفید هیدروژن، هلیوم و گازهای دیگر که درصد هر کدام از این مواد در گاز طبیعی، بستگی به نوع مخزن، محل آن، عمق مخزن و عوامل دیگر دارد.

- این چاه‌ها به صورت معمول قادر به تولید در اندازه‌های تجاری بوده و محصول آن‌ها به نام گاز غیر همراه Non associated gas نیز شناخته می‌شود.
- گازهای طبیعی خام استخراج شده از چاه‌های مستقل گازی یا هیچ نفتی همراه خود ندارند یا مقدار نفت همراه آن‌ها بسیار ناچیز می‌باشد؛
- این گازها به دلیل اینکه از اعماق زمین به بالا آمده‌اند، در طول مسیر بالا آمدن، با خود مقداری شن و ماسه و آب شور را به همراه آورده‌اند. از اینرو، قبل از ارسال این گازها به پالایشگاه‌ها، جامدات همراه با آن‌ها در محلهایی که به مجموعه تأسیسات سرچاهی شناخته می‌شوند، توسط دستگاه‌هایی به نام جداکننده، از گاز جدا می‌گردند.
- پس از این کار، گاز طبیعی که جامدات همراه خود را تا حد بسیار زیادی از دست داده است، توسط خطوط لوله به مراکز جمع‌آوری (پالایشگاه) انتقال می‌یابد.

- در طول مسیر لوله‌های انتقال، به دلیل کم شدن تدریجی فشار گاز، دمای آن کاهش می‌یابد و بر اثر این کاهش دما، آب‌هایی که همراه با گاز از اعماق زمین استخراج شده و همراه با آن به صورت بخار آب در حال حرکت می‌باشند، کم‌کم به مایع تبدیل خواهند شد.
- اگر دما باز هم کاهش یابد، این آب‌ها به صورت نیمه جامد یا جامد (کریستال‌های یخ) درآمده (هیدرات) و حرکت گاز را با مشکل مواجه می‌کنند و در حالت بدتر، امکان دارد که در نقاطی از مسیر، این جامدات به دیواره لوله بچسبند.
- در صورت بروز چنین پدیده‌ای، خیلی زود سایر مایعات یا جامداتی که به همین علت تشکیل شده و به همراه گازها در حال حرکت می‌باشند، به این نقطه خواهند پیوست و در زمان بسیار کوتاهی، حجم این توده به قدری بزرگ خواهد گردید که تقریباً به‌طور کامل، مانع از حرکت گاز در لوله می‌گردد.

- با توجه به سرعت و فشار بالای گازهای در حال عبور، گاز در پشت این نقطه متراکم شده و به راحتی می‌توان پیش بینی نمود که این اتفاق حتی ممکن است خط لوله انتقال گاز را دچار نشتی، ترکیدگی یا حتی انفجار کند.

- برای پیشگیری از این پدیده، در نقاط خاصی از مسیر خط لوله بین چاه‌ها تا مقصد، دستگاه‌های گرمکن وجود دارند که دمای گاز را بالا می‌برند.

۲. میادین نفتی یا چاههای نفت: از قبیل میادین اهواز، مارون، گچساران و

- گاز طبیعی خام از چاههای نفت نیز به دو صورت استخراج می شوند:

✓ الف: در صورتی که گاز محلول در نفت خام باشد، گاز محلول solution gas نام دارد.

✓ ب: در تماس مستقیم ولی جدا از نفت باشد، گاز همراه associated gas نامیده می شود.

۱-۳: ویژگیهای سنگ مخزن

۱. خاصیت تخلخل porosity

- به خلل و فرج موجود در سنگ مخزن گفته می شود که می تواند مؤثر یا مطلق باشد.
- در تخلخل مؤثر خلل و فرج به همدیگر راه داشته و امکان ذخیره سازی را میسر می نماید.
- در تخلخل مطلق فقط وجود حفره ها و فضای خالی در سنگ مخزن مورد نظر است، هرچند به یکدیگر راه نداشته باشند. امکان ذخیره سازی در این نوع تخلخل میسر نیست.
- هرچه تخلخل مؤثر بیشتر باشد نفوذپذیری مطلوب بیشتر شده و امکان ذخیره سازی منابع افزایش می یابد.

$$\text{تخلخل} = \frac{\text{حجم کل حفره}}{\text{حجم کلی سنگ مخزن}} = \frac{\text{جرم مایع در حفره}}{(\text{حجم سنگ مخزن})(\text{دانسیتة مایع})}$$

۱-۳: ویژگیهای سنگ مخزن

۲. نفوذپذیری permeability

- توانایی محیط تخلخل برای عبور جریان، به این معنی که خلل و فرج به هم ربط داشته باشند و سیال اجازه عبور داشته باشد.

۳. ترشوندگی Wettability

- توانایی پخش و جذب یک سیال بر روی یک سطح سخت و در حضور سیال دیگر را ترشوندگی می نامند.
- وقتی دو سیال غیرقابل امتزاج (مانند نفت و آب) در تماس با یک سطح سخت (مانند سنگ مخزن) قرار گیرند، یکی از آنها که برای پخش و جذب بر روی سنگ تمایل بیشتری دارد را فاز ترشونده گویند.
- بعضی از سنگ ها در نقاط مختلف مخزن از ترکیبات شیمیایی متفاوتی برخوردارند. در نتیجه در یک ناحیه ممکن است آب و در ناحیه دیگر نفت جذب شود. به این خاصیت که بر اثر ناهمگنی سنگ بوجود می آید ترشوندگی مختلط گویند.

۱-۴: فرآورش گاز طبیعی

- فرآورش گاز طبیعی مجموعه عملیات پیچیده ای شامل فرآیندهایی است که بتوان توسط آنها گاز طبیعی را که عمدتاً شامل متان با درصد خلوص ۸۰ تا ۹۷ درصد است، بعنوان محصول نهایی پالایش نمود.
- در حین این فرآیندها علاوه بر استحصال گوگرد، ترکیبات ارزشمند مایعات گاز طبیعی (Natural Gas Liquids (NGL که تماماً در ردیف اقلام صادراتی نیز بشمار می آیند، جداسازی می شود.

• فرآورش گاز طبیعی معمولاً شامل چهار مرحله اصلی می باشد:

۱. تفکیک نفت و گاز

۲. نم زدایی (حذف آب)

۳. جداسازی مایعات گاز طبیعی

۴. شیرین سازی (حذف دی اکسید کربن و سولفور)

۱. تفکیک نفت و گاز:

در مورد گاز همراه با نفت، جداسازی گاز طبیعی با ابزاری که در سرچاه نصب می شود، انجام می شود. در مورد گاز محلول در نفت، معمولاً به علت کاهش فشار در سر چاه نسبت به فشار سنگ مخزن، گاز بطور خودبخود از نفت جدا می گردد.

۲. نم زدایی

- مشکلات آب همراه با گاز:

✓ ایجاد خوردگی در خط لوله و مخازن نگهداری گاز

✓ تشکیل هیدراتهای گازی در طول خط لوله

- برای نم زدایی دو روش وجود دارد:

✓ الف. نم زدایی با حلال مایع گلیکول (Absorption)

✓ ب. نم زدایی با جاذب جامد (Adsorption)

الف. نم زدایی با حلال مایع گاز طبیعی

- در این فرآیند یک مایع نم زدای خشک کننده برای جذب بخار آب از جریان گاز طبیعی استفاده می شود.
- گلیکول به عنوان ماده اصلی این فرآیند شباهت شیمیایی به آب دارد. در نتیجه وقتی در تماس با جریان گاز طبیعی حاوی آب قرار می گیرد، گلیکول آب را از جریان گاز می رباید.
- نم زدایی با گلیکول شامل استفاده از دی اتیلن گلیکول (DEG) یا تری اتیلن گلیکول (TEG) می باشد.

- فرآیند نم زدایی: حلال گلیکول در یک تماس دهنده (برج جذب) با جریان گاز مرطوب تماس پیدا می کند. گلیکول آب را جذب می کند. وقتی جذب شد، ذرات گلیکول سنگین تر شده و در انتهای تماس دهنده جمع می شوند و به بیرون از نم زدا هدایت می شوند. گاز طبیعی نیز که بدین شکل رطوبت خود را از دست داده است، به بیرون نم زدا هدایت می شود. حلال گلیکول به همراه تمام آبی که از گاز طبیعی جذب کرده از میان دیگ بخار عبور کرده که باعث می شود آب موجود بخار شده و از آنجا که دمای جوش گلیکول (۴۰۰ درجه فارنهایت) بسیار بیشتر از آب (۲۱۲ درجه فارنهایت) است، گلیکول تبخیر نمی شود. این تفاوت درجه جوش، جدا کردن آب از محلول گلیکول را آسان می سازد. امکان استفاده دوباره از آن را در فرآیند نم زدایی فراهم می سازد.

• مزایای استفاده از گلايکول:

✓ خاصیت جذب آب به علت شباهت ماهیت شیمیایی

✓ نقطه جوش بالا

✓ قیمت مناسب

✓ پایداری در برابر حرارت

ب. نم زدایی با جاذب جامد

- به این پدیده جذب سطحی گفته می شود و معمولاً شامل دو یا بیشتر برج جذب سطحی است که از یک ماده جاذب پر شده است.
- این مواد جامد معمولاً شامل آلومینیوم یا یک ماده ژل مانند، مانند سیلیکای دانه دانه است.
- گاز طبیعی مرطوب از میان این برج ها از بالا تا پایین عبور کرده و در نتیجه آب موجود در گاز، به سطح ذرات جاذب می چسبد و گازهای خشک از انتهای برج خارج می شود.
- در این فرآیند به دو یا چند برج نیاز است، زیرا پس از مدتی ماده جاذب با آب اشباع شده و باید بازیابی گردد.
- برای بازیابی جاذب، یک هیتر با درجه حرارت بالا برای گرم کردن یک گاز تا دمای بالا استفاده می شود. عبور این گاز گرم از میان بستر جاذب های اشباع شده، آب موجود در آن را بخار کرده و خشک می کند.

۳. جداسازی مایعات گاز طبیعی:

- مایعات گاز طبیعی نیز ارزشمند بوده و اقتصادی و به صرفه است که آنها را از جریان گاز جدا نماییم.
- دو قدم اولیه برای حصول مایعات گاز طبیعی وجود دارد. اول مایعات باید از گاز طبیعی استخراج شوند، دوم مایعات گاز طبیعی باید تفکیک شده و به اجزای پایه شان تبدیل شوند.
- برای استخراج از گاز طبیعی همانند نم زدایی عمل می شود. همانطور که در مورد نم زدایی از گلایکول که شباهت شیمیایی به آب داشت استفاده شد، در هم باید یک جاذب انتخاب شود که با مایعات گاز طبیعی شباهت داشته باشد.
- نفت جاذب دارای این ویژگی بوده و هنگامیکه در تماس با گاز طبیعی قرار می گیرد، مایعات همراه با گاز در این جاذب حل می شوند. نهایتاً جاذب حاوی اتان، پروپان، بوتان، پنتان، و دیگر هیدروکربن های سنگین تر است.
- برای تفکیک این اجزا از فرآیند تقطیر استفاده شده و با توجه به اختلاف دمای جوش، اجزاء یکی یکی از تفکیک می شوند. با شروع کار از هیدروکربن های سبک تا هیدروکربن های سنگین تر، امکان جداسازی مایعات مختلف به سادگی وجود دارد.

۴. شیرین سازی (حذف دی اکسید کربن و سولفور)

- گاز طبیعی بعضی از چاهها، حاوی مقادیر زیادی سولفور و دی اکسید کربن است، این گاز طبیعی به علت بوی زننده سولفور، گاز ترش نامیده می شود.
- سولفوری که در گاز طبیعی وجود دارد، به شکل سولفید هیدروژن (H_2S) است و معمولا اگر میزان آن از ۵/۷ میلی گرم در هر مترمکعب گاز طبیعی بیشتر شود، این گاز ، گاز ترش نامیده می شود. فرآیند جداسازی سولفید هیدروژن از گاز طبیعی، شیرین سازی گاز نامیده می شود.

• دلایل شیرین سازی:

✓ گاز ترش نامطلوب است، زیرا ترکیبات سولفوری بسیار مضر بوده و حتی

در صورت تنفس مرگ آور می باشند.

✓ گاز ترش می تواند بسیار فرساینده باشد.

✓ سولفوری که در جریان گاز طبیعی وجود دارد می تواند استخراج شود و

بطور جداگانه وارد بازار شود.

- فرآیند شیرین کردن گاز ترش بسیار به فرآیند نم زدایی و جداسازی مایعات گاز طبیعی شباهت دارد. با این تفاوت که از محلول های آمین برای جدا کردن سولفید هیدروژن استفاده می شود. زیرا ترکیب این محلول بسیار به سولفور شباهت داشته و آن را جذب می کند.

- دو محلول آمین مورد استفاده در فرآیند شیرین سازی: مونواتانول آمین (MEA) و دی اتانول آمین (DEA).

- در انتها می توان مجدد محلول آمین را بازیابی نمود.

- اگرچه در بیشتر موارد شیرین سازی گاز ترش توسط فرآیند جذب آمین انجام می شود، اما امکان استفاده از جاذب های جامد مثل اسفنج های آهنی برای جداسازی دی اکسید کربن و سولفور وجود دارد.

- علاوه بر این چهار مرحله، هیترها و سرندهایی معمولاً در سر چاه یا نزدیکی آن نصب می شوند.
- سرند ها در درجه اول برای برداشتن شن و دیگر ناخالصی های بزرگ بکار می روند.
- هیترها تضمین می کنند که درجه حرارت گاز زیاد افت نکند. و در نتیجه از تشکیل هیدرات پیشگیری می شود.

۱-۵: موارد استفاده از گاز طبیعی

۱- گاز طبیعی برای مصارف خانگی

- گازی است بی رنگ ، بی بو و سبک تر از هوا .
- برای تشخیص نشت گاز ، در ایستگاههای دروازه ورودی شهرها به آن مواد بودار کننده اضافه می کنند تا ایمنی مصرف کنندگان گاز طبیعی تامین گردد .
- گاز طبیعی مورد استفاده در استان خراسان از مخازن گازی سرخس تامین می گردد و ۹۸ درصد آن را گازمتان تشکیل می دهد.

۱-۵: موارد استفاده از گاز طبیعی

۲- گاز طبیعی فشرده CNG یا Compressed Natural Gas

- استفاده از تکنولوژی CNG یا گاز طبیعی فشرده شده جهت انتقال گاز طبیعی برای مسافت های طولانی می تواند به عنوان یک امتیاز مهم تلقی گردد.
- CNG را می توان در کشتی های مخصوصی ذخیره و سپس به مقاصد مورد نظر حمل نمود.
- فشار بالای CNG در مخازن ذخیره کشتی و بالا بودن احتمال خطر انفجار آن از عمده مشکلاتی است که باعث عدم کاربرد وسیع تکنولوژی CNG در انتقال گاز در جهان می شود.
- امروزه CNG بدلیل اینکه سوختی قابل استفاده در خودروهاست و نسبت به بنزین مزیت هایی دارد، می تواند به عنوان مصارف داخلی در خودروها بکار گرفته شود. این سوخت اکتان بالایی دارد، تمیز می سوزد، قابل اندازه گیری است و معمولا میزان تولید گازهای آلاینده خروجی آن پایین است.

۱-۵: موارد استفاده از گاز طبیعی

۳- گاز طبیعی مایع LNG یا Liquefied Natural Gas

- گاز طبیعی مایع یا LNG مایعی است بی بو، شفاف و غیرسمی با چگالی حدود ۴۵۰ kg/m^3 که با تبرید و میعان گاز طبیعی در دمای 160°C - و فشار اتمسفریک تولید می شود.
- در این فرآیند حجم گاز به $1/600$ حجم اولیه کاهش می یابد و به همین دلیل در حمل و نقل گاز طبیعی به صورت مایع مورد توجه قرار گرفته است.
- LNG میتواند به عنوان سوخت برای خودروهای سنگین دیزلی به لحاظ ارزش حرارتی و دانسیته انرژی جایگزین گازوئیل شود.
- LNG می تواند در پایانه های دریافت پس از تبخیر به شبکه های مصرف تزریق شود. در این حالت پایانه دریافت می بایست شامل سیستم تخلیه LNG از کشتی، تبخیرکننده LNG، سیستم تزریق به خط لوله و ... باشد.

۱-۵: موارد استفاده از گاز طبیعی

۴- مایعات گاز طبیعی Natural Gas liquids یا NGL

- مایعات گاز طبیعی همراه با تولید گاز طبیعی حاصل می شود.
- مواد تشکیل دهنده مایعات گاز طبیعی عبارتند از اتان، گاز مایع (پروپان و بوتان) و بنزین طبیعی که درصد هر کدام به نوع گاز طبیعی و امکانات بهره برداری بستگی دارد.

۵- گاز نفتی مایع Liquified Petroleum Gas یا LPG

- این گاز از پروپان و بوتان تشکیل شده است که در حالت مایع نگهداری می شوند.
- گازی که در سیلندرها به فروش رسیده و در منازل استفاده می شود همان گاز مایع است.

• رتبه بندی کشورها در ذخایر نفت:

✓ ونزوئلا

✓ عربستان

✓ کانادا

✓ ایران

✓ عراق

✓ روسیه

✓ امریکا

✓ چین

• رتبه بندی کشورها در ذخایر گاز:

✓ روسیه

✓ ایران

✓ قطر