

# Буріння свердловин

DEPARTMENT OF OIL-AND-GAS  
ENGINEERING AND DRILLING



КАФЕДРА  
НАФТОГАЗОВОЇ  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА БУРІННЯ

1929

Проникнення якомога далі в глиб Землі здійснюється за допомогою буріння. Сучасна техніка дозволяє бурити свердловини на континентах глибиною до 10-15 кілометрів. Свердловини найчастіше споруджують для розвідки родовищ корисних копалин, для вилучення з надр води, нафти і газу, а також для інженерних вишукувань та інших прикладних цілей. Крім того, з 1970-х років буріння все ширше використовується як метод вирішення фундаментальних наукових проблем сучасної геології.



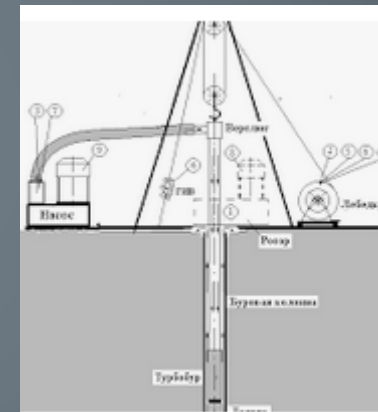
Найглибшою свердловиною в світі довгий час була - Берта Роджерс (9583 метри), що була пробурена в 1973-1974 роках на території США всього за 502 дні. Настільки висока швидкість проходки обумовлена двома факторами. Перший - можливості техніки. Другий - буріння здійснювалося без відбору керн, тобто без підйому зразків гірських порід на поверхню.

Рекорд за глибиною належить Кольській свердловині, яку припинили бурити на глибині 12261 метр в 1991 році.

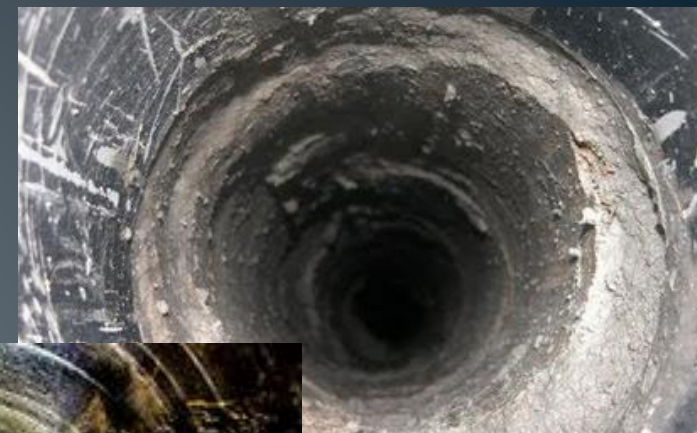


Одного з кращих результатів досягли німці, пробуривши надглибоку свердловину КТБ-Оберпфальц в Баварії (1990-1994 роки), яка досягла глибини 9101 метр. Досвід буріння в США та інших країнах показав наступне. За рахунок потужності двигунів і тиску насосів, що нагнітають буровий розчин, а також за рахунок збільшення вантажопідйомності лебідок і міцності сталевих бурильних труб, можна бурити свердловини глибиною до 9-10 кілометрів. Для буріння більш глибоких свердловин необхідні інші нетрадиційні інженерні рішення. І такі рішення були запропоновані і реалізовані в ході виконання програм надглибокого буріння. В тих випадках, коли забій свердловини знаходиться на багатокілометрової глибині, доцільно використовувати забійні двигуни, встановлені не на поверхні, а в нижній частині бурильної колони, яка при цьому сама не обертається. Забійні двигуни - це мініатюрні турбіни або гвинтові механізми, які приводяться в обертання буровим розчином, що нагнітається під тиском в свердловину.

Одна з найбільш складних технічних задач полягає в тому, щоб забезпечити надійну роботу бурового обладнання при високих температурах, що існують в надглибоких свердловинах. Це стосується металевих деталей, їх з'єднань, мастил, бурового розчину і вимірювальної апаратури. Так на забої, тобто в самій нижній точці свердловини Солтон-Сі в США на глибині 3220 метрів була зафіксована температура 355 градусів Цельсія, а в іншій свердловині, пробуреної до 1440 метрів на заході США, виміряна температура досягала 465 градусів. Сучасні технічні засоби не дозволяють бурити надглибокі свердловини при таких високих температурах протягом тривалого часу, оскільки термостійкість існуючого бурового обладнання не перевищує 200-300 градусів. Найбільші проблеми виникають з вимірювальною апаратурою, особливо з електронікою, яка відмовляє вже за 150 градусів. Водні бурові розчини зберігають технологічні властивості до 230-250 градусів.

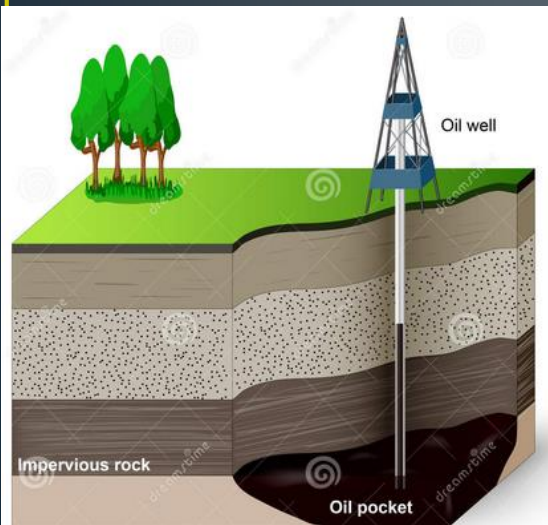


Серйозні технічні труднощі пов'язані з самовільним викривленням надглибоких свердловин в процесі буріння через нерівномірне руйнування порід на вибої, геологічні неоднорідності розрізу і інші причини. Наприклад, забій Кольської свердловини на глибині близько 12 кілометрів відхилився від вертикалі на 840 метрів. Завдяки вдалій конструкції спеціального пристосування свердловина КТБ-Оберпфальц в Німеччині залишалася до глибини 7500 метрів самою вертикальною свердловиною в світі. Однак глибше це пристосування вийшло з ладу через високі температуру і тиск, і свердловина пішла своїм шляхом; в результаті на глибині 9101 метр вона відхилилася від вертикалі на 300 метрів.



**Треба відзначити, що глибокі і надглибокі свердловини мають телескопічну конструкцію. Буріння починають з самого великого діаметру, а потім переходять на менші. Так, в Кольській свердловині діаметр з 92 сантиметрів у верхній частині знизився до 21,5 сантиметрів. А в свердловині КТБ-Оберпфальц - з 71 сантиметра до 16,5 сантиметрів.**

Рекордні глибини знаходження покладів газу встановлені в США в басейні Анадарко (8,1 км, родовище Мілс-Ранг), у Віденському басейні - на глибині 7426 м. В Делаверському басейні (США) в інтервалі глибин 6056-7092 м виявлені поклади із запасами газу 283 млрд м<sup>3</sup> (родовище Гомес). У басейні Анадарко приплив метану з домішками етану отримано із відкладів кембро-ордовіку, які залягають на глибині 9432 м. Найглибше скупчення нафти відкрито в Каліфорнії (родовище Батон Уїллоу Північний - 6596 м).



Бурінням окремих надглибоких свердловин встановлено, що на глибинах понад 5 км в осадовому розрізі можуть існувати породи-колектори і покришки, а також сприятливі пастки для формування скупчень нафти і газу.

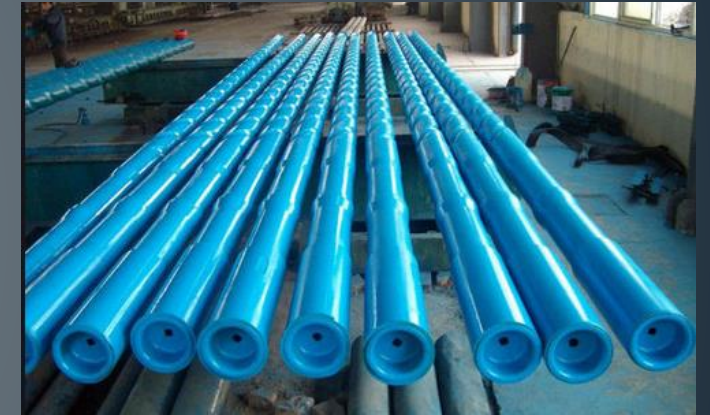
В Україні найглибша свердловина – Шевченково-1 (7524 м), пробурена на північно-східному схилі Українських Карпат. Там же пробурена свердловина Синевидне-1 (7501 м).

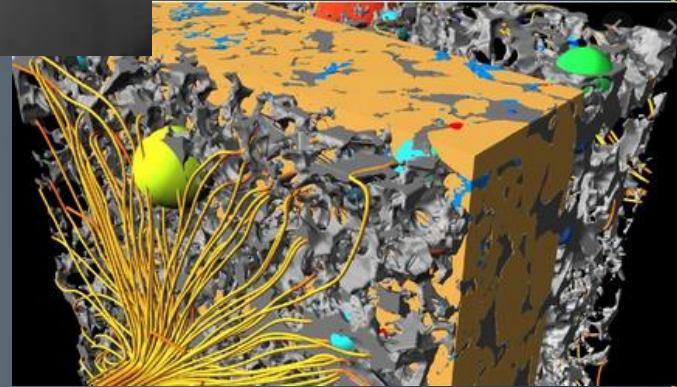


Для зменшення ваги колони бурильних труб, що досягають довжини кілька кілометрів, їх виготовляють зі спеціальних легких, але досить міцних і термостійких сплавів. Алюмінієві сплави, використані при бурінні Кольської свердловини, були в 2,4 рази легше сталі.

Механічна швидкість буріння надглибоких свердловин складає 1-3 метра на годину. За один рейс між спуско-підйомними операціями можна заглибитися на 6-10 метрів. Середня швидкість підйому колони бурових труб дорівнює 0,3-0,5 метрів в секунду.

При бурінні надглибоких свердловин не обходиться, звичайно, і без аварій. Найбільш часто вони викликані прихватом бурового снаряда. На усунення аварій потрібно багато часу. Часом вони не дозволяють продовжити роботу, і доводиться починати буріння нового стовбура.





Як показали теоретичні та експериментальні дослідження нижня межа промислової нафтоносності може опускатись до глибин 8 - 9 км. До того ж на цих глибинах руйнівному впливу температур на рідкі вуглеводні сильно протидіє тиск. На фоні загального зниження нафтоносності з глибиною в глибинних зонах розповсюджена широка гама покладів з різними кількісними співвідношеннями нафти, газу і конденсату.



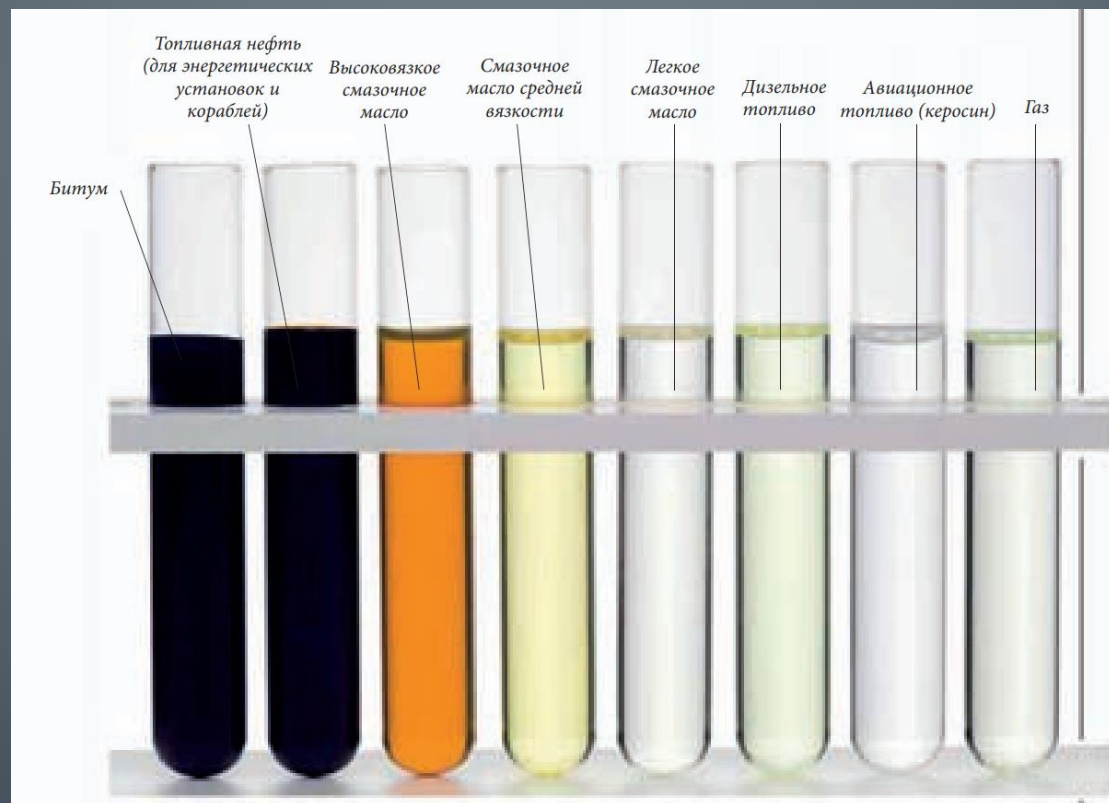
## ПРИРОДНИЙ ГАЗ



У нафти містяться деякі з'єднання, летучість яких настільки висока, що вони швидко випаровуються, внаслідок чого утворюється природний газ. Практично в кожному родовищі нафти міститься достатня кількість таких з'єднань для освіти хоча б незначної кількості природного газу. В деяких родовищах відсоток змісту таких з'єднань настільки високий, що вони фактично є газовими родовищами.

## СИРА НАФТА

Сира нафта, як правило, густа і масляниста, але вона може мати будь-який склад і колір - від чорного і зеленого до червоного або коричневого. Сира нафта, видобувається в Судані, має насичений чорний колір, а нафта з Північного моря - темно- коричнева. Нафта з штату Юта (США) має бурштиновий відтінок, а техаська нафта - світла, практично солом'яно-жовтого кольори. «Солодкої» нафтою називають ту, яка легко піддається очищенню, оскільки вміст сірки в ній низько. У «кислої» нафти міститься більше сірки, і відповідно, така нафту вимагає більш тривалого очищення. Колір нафти, здебільшого, залежить від її щільності (Питої ваги).



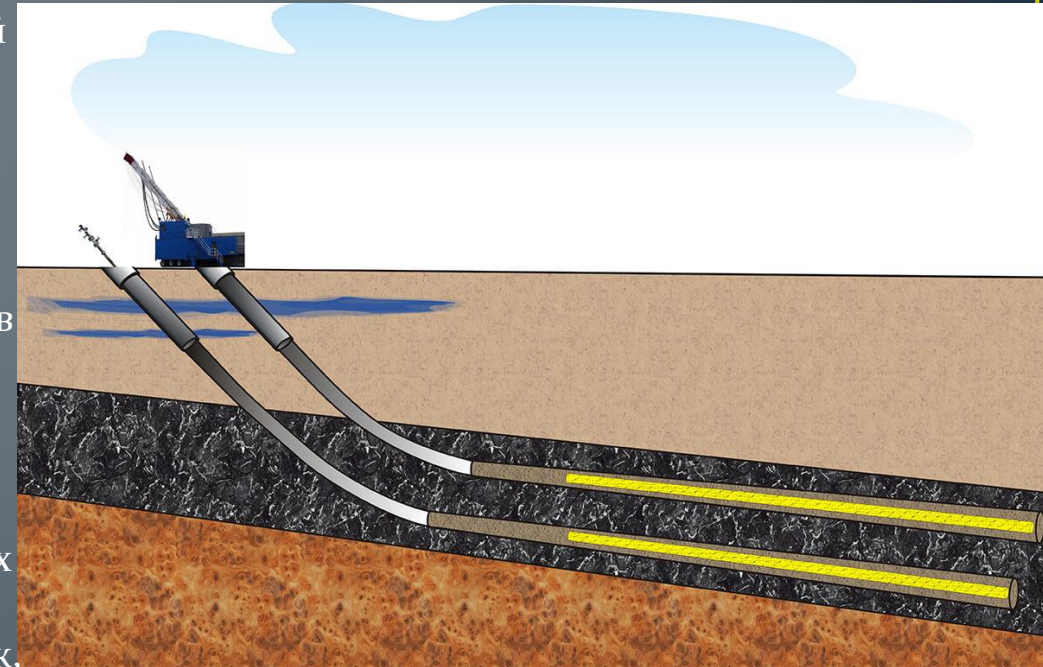
Кожен з вуглеводнів в складі сирої нафти має специфічні властивості. Для ефективного використання цих властивостей сира нафта проходить процес очищення (переробки), внаслідок чого відбувається виділення різних груп вуглеводнів, як показано на малюнку. Ці групи розрізняються в основному по щільності і в'язкості; бітум володіє найбільшою щільністю і в'язкістю, а газ - найменшою.

# ГОРИЗОНТАЛЬНЕ БУРІННЯ

Крім буріння вертикальних свердловин тепер з'явилася можливість горизонтального буріння завдовжки в кілька кілометрів в різних напрямках. Завдяки можливості буріння декількох свердловин з одного місця, можна скоротити потребу в просторі, необхідному для організації робіт по розробці родовища; свердловину також можна розмістити таким чином, щоб максимально зменшити рівень впливу на навколишнє середовище. Якщо в 1977 році на Алясці під свердловини було зайнято 65 акрів, тепер таку саму кількість свердловин можна розмістити на дев'яти акрах. На морських родовищах всі свердловини можна пробурити з однієї морської платформи. Можливості горизонтального буріння дозволяють, крім усього іншого, добувати нафту, яка міститься в дуже тонких пластах породи. Одна з переваг горизонтальних свердловин - це більш ефективний контакт стовбура свердловини з продуктивною зоною, що дозволяє збільшити обсяги витягується нафти і обмежує необхідність буріння додаткових свердловин.

## ВИТЯГ НАФТИ

Визначення відповідного майданчика для буріння - всього лише перший крок в процесі видобутку нафти. Перед початком буріння компанії повинні переконатися, що у них є всі необхідні дозволи для буріння і що рівень впливу на навколишнє середовище не перевищуватиме допустимий. Це може зайняти роки. Як тільки всі дозволи отримані, починаються роботи по бурінню. У різних випадках процедура може відрізнятись, але перший етап незмінний - необхідно провести буріння в тому місці, де залягає нафта. Потім вставляється спеціальна колона (обсадна), яка цементується в пробуреній свердловині, щоб зміцнити її стінки. Потім в колоні, навпаки продуктивного пласта, прострілюються невеликі отвори, через які буде надходити нафта, після чого на поверхні на свердловину встановлюється комплект розподільних клапанів і клапанів-відсікачів, який називають гирловою фонтанною арматурою. І, нарешті, в свердловину іноді закачується кислота або пісок, щоб пробити останній шар породи і забезпечити приплив нафти в свердловину.



# Нафтопереробка

Щоб отримати з нафти придатний для використання продукт, сира нафта проходить очистку на нафтопереробному заводі. На таких заводах після відділення домішок від нафти виробляється бензин і сотні інших продуктів - від авіаційного палива до мазути для систем центрального опалення. Процедура очищення нафти включає часткову перегонку і крекінг. В процесі часткової перегонки нафта розщеплюється на складові фракції, легку або важку нафту. Для цього використовується різниця щільності і точок кипіння цих складових. При крекінгу під впливом температури і тиску відбувається подальше розщеплення фракцій на такі продукти, як бензин. В результаті крекінгу важкі довголанцюгові молекули вуглеводню розпадаються на більш короткі і легкі.



Температури в перегінному апараті ретельно контролюються. Температура знижується в міру просування вгору по колоні, тому температура в області кожного наступного піддона трохи нижча температури в області попереднього. Для виведення різних фракцій у міру їх конденсації і осадження в піддонах використовуються відводні трубки, встановлені на різних рівнях. Відведення легких горючих матеріалів, таких як пропан, здійснюється з верхньої частини колони. Найважча фракція, «мазут», виводиться з нижньої частини. Всі фракції, що вимагають подальшої обробки, доставляються по трубі на наступні стадії очищення.

# Нафтосховище

Коли сира нафта доставляється з родовищ по трубопроводу або на танкері, її зберігають в гігантських баках аж до переробки. Обсяг нафти, як правило, вимірюють в «баррелях». Один барель дорівнює 42 галона або 159 літрів. Стандартне велике нафтопереробне підприємство здатне обробити до 12 млн барелів сирової нафти. Цього достатньо, щоб забезпечити США нафтою приблизно на три чверті щоденного споживаного обсягу.





Інженери-нафтовики беруть участь у всіх стадіях розробки нафтового родовища: розвідка, буріння і видобуток. Інженери нафтовики займаються пошуком родовищ нафти і газу, а також розробкою ефективних і безпечних методів вилучення ресурсів. В пошуках неосвоєних енергоресурсів нафтовикам доводиться багато подорожувати і жити за кордоном. Робочі обов'язки можуть привести їх у пустелю, у відкрите море, в гори або в арктичну зону. Однак деякі інженери можуть працювати в офісі, займаючись аналізом звітів і рекомендацій промислових інженерів, а також консультуючи фахівців, приймають рішення щодо необхідності продовження робіт. Інженери нафтовики повинні володіти ступенем бакалавра в галузі інженерних наук або науки про Землю. Більшість інженерів продовжують навчання, щоб одержати вчений ступінь.

## На службі суспільству

Без енергії ми не мислимо свого життя. Енергія забезпечує нас теплом для здорового і комфортного існування, електрикою для освітлення і роботи електроприладів, а також паливом для транспортних засобів. Стійка енергетика означає виробництво енергії економним і екологічно безпечним способом за умови повної соціальної відповідальності, що дозволяє захистити благополуччя майбутніх поколінь. Нафтові і газові компанії часто працюють в країнах, що розвиваються або екологічно вразливих регіонах, де діяльність компаній може мати величезний вплив на економіку країн регіону. Такі компанії вважаються першопрохідцями в області застосування соціально відповідального підходу: проводиться відповідна робота з співробітниками і їх сім'ями, членами місцевої громади і громадськості в цілому, спрямована на підвищення якості життя методами, вигідними як для бізнесу компанії, так і для розвитку регіону.

