

## ЛЕКЦІЯ 8. ПРОМИВНІ РІДИНИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА.

При бурінні обертальним способом у свердловині постійно циркулює потік рідини, яка раніше розглядалася лише як засіб для видалення продуктів руйнування (шламу). В даний час вона сприймається, як один з головних чинників забезпечують ефективність всього процесу буріння.

При проведенні бурових робіт циркулює в свердловині рідина прийнято називати - **буровим розчином** або промивної рідиною. Буровий розчин крім видалення шламу повинен виконувати інші, в рівній мірі важливі функції, спрямовані на ефективне, економічне, і безпечне виконання і завершення процесу буріння.

Основні параметри бурового розчину можуть вимірюватися буровою бригадою, зазвичай – це щільність, умовна в'язкість, і водовіддача. Крім того, бригадою можуть вимірюватися вміст піску, а також концентрацію солей і лужність розчину.

Проте, для регулювання властивостями бурового розчину, що дозволяє забезпечувати ефективне виконання ним заданих функцій, такого набору параметрів явно недостатньо. Наприклад, в якості технологічних показників стійкості промивної рідини як дисперсної системи використовуються **стабільність і добовий відстій**.

### 1. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПАРАМЕТРИ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН

Густина промислової рідини ( $\rho$ ) є маса одиниці об'єму. Вона визначає гідростатичний тиск ( $P_{гст}$ ) у свердловині:

$$P_{гст} = \rho \cdot g \cdot h, \text{ де}$$

$h$  – глибина, м;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Із збільшенням густини промивальної рідини зростає гідростатичний супротив (опір) у циркуляційній колоні, зменшується подача насосів, погіршується очистка вибою.

Поряд з тим збільшення густини, а отже гідростатистичного тиску приводить до зниження темпу руйнування породи на вибої, а отже механічної швидкості буріння.

Підвищення густини промивальної рідини, особливо пов'язане з ростом твердої фази, супроводжується збільшенням в'язкості, а отже з'являється цілий комплекс факторів, які зменшують швидкість механічного буріння.

В нормальних умовах буріння збільшення густини промивальної рідини небажано. Лише при бурінні нестійких, тріщинуватих порід густину промивальної рідини збільшують для підвищення гідростатичного тиску – стінка свердловини стає стійкішою.

При поглинаннях промивальної рідини або з метою зменшення його впливу на проникність пластів густину рідини зменшують. В окремих випадках для зменшення густини промивну рідину аерують повітрям.

В'язкість – один з важливих параметрів промивальної рідини. Вона визначає не тільки величину гідравлічного супротиву в циркуляційній системі свердловині, но і характер та величину проникнення промивальної рідини в пори та тріщини гірських порід. З ростом в'язкості погіршуються умови очистки свердловини від шламу та падає швидкість буріння.

В'язкість бурового розчину по можливості треба підтримувати мінімальною. Її треба підвищувати лише у породах, які схильні до поглинання.

Статистична напруга зсуву (СНЗ) характеризує міцність структури та визначає здатність промивальної рідини: утримувати в завислому стані частинки розрушеної гірської породи; проникати в тріщини гірських порід та утримуватися там під дією загрузок.

Підвищувати СНЗ необхідно у випадку значної інтенсивності розрушення гірських порід, а також в умовах поглинання промивальної рідини у пористих та тріщинуватих породах. Необхідно відзначити, що підвищення СНЗ погіршує дегазацію промивальної рідини та її очистку від продуктів розрушення гірських порід.

Водовіддача та товщина фільтраційної кірки – здатність промивальної рідини відфільтрувати рідку фазу в породу під дією надлишкового тиску в свердловині. Даний процес супроводжується утворенням фільтраційної кірки. Суть водовіддачі зводиться до наступного. Всі гірські породи – в цій чи іншій мірі пористі та тріщинуваті. Їх розкриття супроводжується проникненням у пори та тріщини промивальної рідини. При цьому частинки твердої фази не проникають в глибину масиву гірських порід, а відкладаються на устях пор і тріщин, утворюючи плівку. Остання пронизана тонкими капілярами, через які фільтрується лише вода. Частинки твердої фази групуються навкруг каналів фільтрації, зменшуючи їх розмір та збільшуючи товщину фільтраційної кірки.

Товщина і швидкість утворення кірки залежить від ряду факторів, в тому числі від якості промивної рідини. Високодисперговані розчини утворюють тонкі, но плотні кірки, фільтрація води через які з часом наближається до нуля.

Грубодисперсні розчини утворюють товсті, рихлі та нещільні кірки із стійкими та великими розмірами капілярів, через які протікає вода. Такі розчини мають високу водовіддачу.

Фільтраційна кірка характеризується товщиною та щільністю. Товста рихла кірка зменшує діаметр свердловини та приводить до утворення пробок та затяжок бурового інструменту при спуско-підйомних роботах.

У процесі буріння вода в пори та тріщини гірських порід відфільтровується при циркуляції розчину. Динамічна фільтрація води із промивної рідини у пласт відбувається в два етапи. На першому етапі відбувається нарощення кірки, а на другому зупиняється ріст кірки, а фільтрація у пласт стабілізується.

Разом з цим слід зазначити, що обмеження водовіддачі необхідне для буріння пористих та піщаних порід, оскільки фільтрат проникаючи у породу знижує її міцність.

Вміст піску – кількість частинок великого розміру, які є у промивній рідині. До них відносяться пісок, грубодисперсні частини вибуреної породи та вихідної твердої фази, які не здатні розчинятися у воді. Надмірний їх вміст у

промивній рідині приводить до зношення гідравлічного обладнання і бурового снаряду та зменшення швидкості буріння. Для промивних рідин вміст піску має не перевищувати 4 %.

Стабільність та добовий відстій – використовуються в якості технологічних показників стабільності промивної рідини як дисперсної системи в часі..

## 2. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН

Густина – маса одиниці об'єму. Характеризує здатність промивальної рідини здійснювати у свердловині гідродинамічні та гідростатичні функції.

а) утримувати в завислому стані та виносити із свердловини частинки вибуреної породи;

б) створювати гідростатичний тиск на стінки свердловини з метою попередження нафтогазопроявів та збереження стійкості стінок свердловини;

в) забезпечення зниження ваги бурильних та обсадних труб, що сприяє зниженню навантаження на талеву систему.

У лабораторії густина вимірюється пікнометром, а на буровій за допомогою ареометра та важільних ваг (рис. 1).



Рис. 1. Важільні ваги.

Умовна в'язкість – це умовна характеристика гідравлічного опору прокачування промивальної рідини. Із збільшення умовної в'язкості гідравлічні опори зростають, тому погіршуються умови очищення вибою від вибуреної породи, утруднюється перенесення енергії від насоса до вибійного двигуна, послаблюється інтенсивність розмиву породи на вибої свердловини.

Для оперативного та якісного оцінювання умовної в'язкості промивальної рідини на буровій використовують польовий віскозиметр ВП-5 (рис. 2). Під умовною в'язкістю розуміють тривалість витікання  $500 \text{ см}^3$  промивної рідини через калібровану трубку з внутрішнім діаметром 5 мм і довжиною 100 мм з приладу ВП-5 в який налито  $700 \text{ см}^3$ .



Рис.2. Польовий віскозиметр ВП-5: віскозиметр (1) та мірний кухоль (2).

Тиксотропні властивості. Називають здатність суспензії утворювати в стані спокою структуру (холодець) та втрачати її при перемішуванні. Міцність утвореної суспензією структури в стані спокою називається статичною напругою зсуву (СНЗ). СНЗ – це таке напруження, яке необхідне для руйнування структурованої системи і відновити її текучість.

Замірюють два значення СНЗ: початкове (Q1) через 1 хвилину спокою та друге (Q10) – через 10 хвилин спокою (рис. 3)

Про ступінь тиксотропності судять за різницею  $Q_{10} - Q_1$ , або їх відношенням. Чим більша різниця (відношення), тим тиксотропніша суспензія. Для буріння у більшості випадків бажано використовувати низько тиксотропні рідини, які добре утримують завислі частинки.



Рис. 3. Прилад СНС-2 для виміру статичної напруги зсуву

Фільтраційні властивості. Фільтрація (Ф) характеризує здатність промивальної рідини фільтруватися в стінки свердловини під впливом перепаду тиску з утворенням малопроникної фільтраційної кірки і вимірюється в  $\text{см}^3/30 \text{ хв.}$  За величину фільтрації беруть об'єм води, який виділяється від промивальної рідини протягом 30 хвилин.

Фільтрація залежить від складу промивальної рідини, дисперсності твердих частинок, перепаду тиску, температури та інших факторів. Фільтрація зменшується із збільшенням вмісту колоїдних частинок та зростає із збільшенням грубо дисперсних частинок, а також з підвищенням температури. При зростанні тиску фільтрація, як правило, зростає.

Фільтрація в статичних умовах завжди суттєво менша, ніж при русі промивальної рідини. Це пояснюється тим, що у спокої проникність фільтраційної кірки зменшується через утворення нових шарів, а в стані руху настає рівновага між утворенням шарів та їх змивом потоком рідини. Тобто чим більша швидкість руху промивальної рідини, тим вища її водовіддача.

На виробництві або в лабораторії фільтраційні властивості вимірюють за допомогою приладу ВМ-6 (рис. 4).



Рис.4. Прилад ВМ-6

При фільтрації рідини на стінках свердловини утворюється фільтраційна кірка, яка повинна запобігати руйнуванню стінок свердловини і унеможливити інтенсивну фільтрацію в пласт. У той же час утворення грубої, пухкої кірки обумовлює виникнення ускладнень у процесі буріння. Чим тонша кірка, тим менша її проникність і краща кірко утворююча здатність.

Водневий показник. рН – це логарифм концентрації водневих іонів у фільтраті промивальної рідини.  $\text{pH}=7$  – середовище нейтральне,  $7 < \text{pH} < 14$  – лужне середовище,  $0 < \text{pH} < 7$  – кисле середовище. Значення рН є важливим для промивальних рідин на водній основі, оскільки деякі види рідин стабільні в певному рН. Крім того, при  $\text{pH} < 7$  інтенсифікуються процеси корозії сталевих труб.

Седиментаційна стійкість. Характеризується двома показниками добовий відстій та стабільністю. Добовий відстій – це об'єм дисперсійного середовища, що виділився із промивальної рідини, наливої в мірний циліндр.

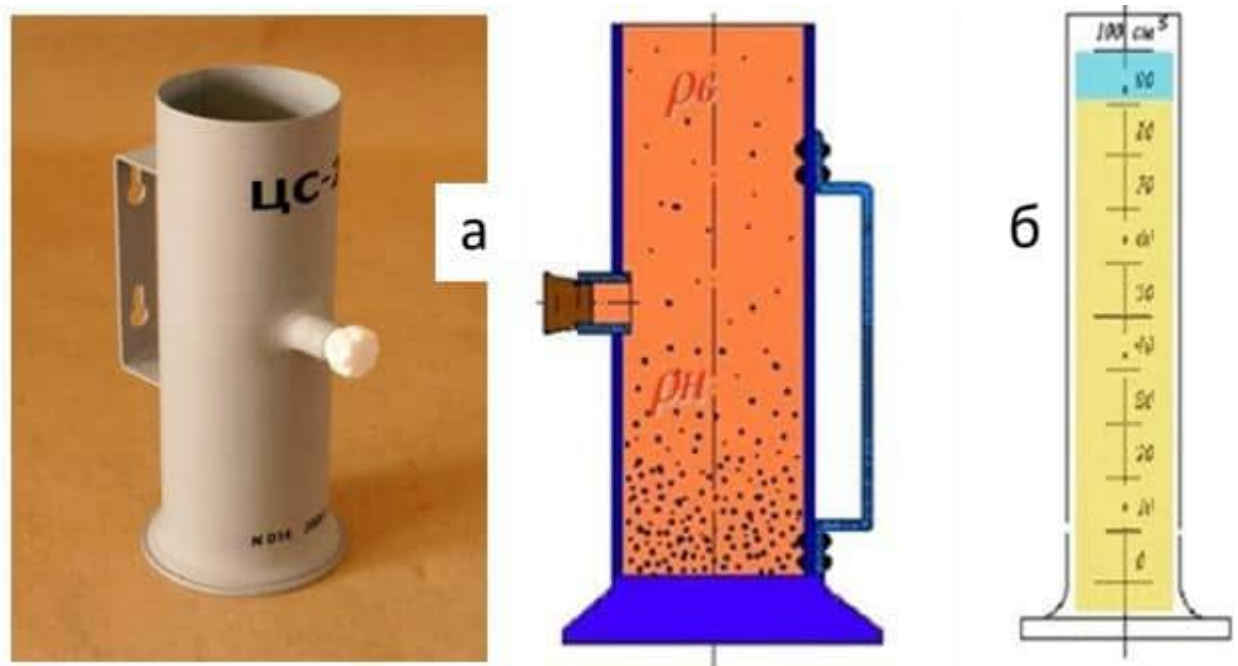


Рисунок 5. Прилади для вимірювання стабільності промивної рідини (а) та добового відстою (б)



Стабільність – це різниця густини в промивній рідині, що знаходиться у верхній та нижній частині. В якісних рідинах добовий відстій рівний нулю, а показник стабільності не перевищує 20-30 кг/м<sup>3</sup>.

Показник стабільності (С) - вимірюється за допомогою приладу ЦС-2, що представляє собою металевий циліндр об'ємом 800 см<sup>3</sup> із зливним отвором в середині (рис. 5).

При вимірі отвір перекривають гумовою пробкою, циліндр заливають випробовуваним розчином, закривають склом і залишають у спокої на 24 ч. Після закінчення цього терміну отвір відкривають і верхню половину розчину зливають в окрему ємність. Ареометром визначають густину верхньої і нижньої частин розчину. За міру стабільності беруть різницю густин розчину в нижній і верхній частинах циліндра. Чим менша різниця, тим вища стабільність розчину.

Добовий відстій вимірюють за допомогою скляного мірного циліндра об'ємом 100 см<sup>3</sup>, представленого на рисунку 5. Випробовувану рідину обережно наливають у мірний циліндр до позначки 100 см<sup>3</sup>, закривають склом і залишають у спокої на 24 год, після чого візуально визначають величину шару прозорої води, яка виділяється у верхній частині циліндра. Відстій виражають у відсотках виділилася рідини від об'єму проби. Чим менше добовий відстій, тим стійкіші, стабільніші промивна рідина.

Вміст піску. Під піском розуміють кількість частинок великого розміру, які є у промивній рідині. До них відносяться пісок, грубодисперсні частини вибуреної породи та вихідної твердої фази, які не здатні розчинятися у воді. Надмірний їх вміст у промивній рідині приводить до зношення гідравлічного обладнання і бурового снаряду та зменшення швидкості буріння. Для промивних рідин вміст піску має не перевищувати 4 % (рис. 6)

Електричні властивості. Здатність промивальної рідини перешкоджати протіканню електричного струму характеризується величиною питомого опору. Питомий опір промивальної рідини зменшується із зростанням

мінералізації та температури. Для успішного проведення геофізичних робіт питомий опір має бути не меншим, ніж 0,8-1,0 Ом\*м.

Промивальна рідина, зазвичай, не пропускає струм. Проте, якщо зростає потенціал на електродах може відбутися розряд, що називається напругою електропробивання. Дана напруга є важливою характеристикою таких рідин.



Рис. 6. Прилад для вимірювання піску.

Термостабільність. Властивість промивальних рідин змінювати свої властивості при зміні температури і тривалому нагріванні. Для кожного реагенту існує межа термостабільності, при яких відбуваються незворотні зміни у складі реагентів.

### 3. ОСНОВНІ ВИДИ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН

Вода. Першою використовувалась при бурінні. До основних переваг слід віднести: (1) підвищення показників роботи долота завдяки низькому гідростатичному тиску; (2) високими охолоджуючими та фільтраційними властивостями; (3) зменшення витрат тиску на подолання гідравлічних тисків; (4) зручність очистки від шламу на поверхні; (5) високий рівень очистки вибою; (6) відсутність прихоплення колони; (7) дешевизна і бездефіцитність.

До основних вад належить: (1) ускладнення при розбурюванні крихких та здатних до набухання порід; (2) нездатність утримувати шлам у завислому стані; (3) розчинення сольових відкладів (хемогенних порід), що спричиняє каверно утворення та корозійну активність; (4) неможливість розкриття продуктивних пластів через зменшення проникності привибійної зони.

Рідини з ДИСПЕРГОВАНОЮ ТВЕРДОЮ ФАЗОЮ. Глинисті розчини.

Під глинистим розчином розуміють колоїдну суспензію полідисперсну, представлену дисперсійним середовищем (водою) і дисперсною фазою (глинистими частинками).

Розрізняють такі типи глинопорошків: (1) бентонітовий; (2) налигорскітовий; (3) каоліновий (каолін та гідрослюза).

Хімічно необроблені суспензії застосовують при бурінні в інтервалах, складених стійкими мало проникними породами.

Коли у розрізі відсутні набухаючі глини, то використовують суспензії оброблені гуманним реагентом.

Для розбурювання глинистих порід та ангідридів використовують суспензії оброблені лігносульфонатом.

Інгібуючі глинисті суспензії застосовують для розбурювання потенційно нестійких глин, які сильно набухають у воді. Інгібірування – така обробка, яка включає в складі суспензії неорганічні солі: NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub> та інші речовини.

СУСПЕНЗІЇ З КОНДЕНСОВАНОЮ ФАЗОЮ

Конденсація – це добавлення в розчин електроліту різних лугів, які утворюють з іонами солей 2-х валентних металів осади – гідрогелі. Після утворення осаду в суспензії додають невелику кількість крохмалю, лігносульфонатів, ефірів целюлози тощо.

Суспензії на основі гідрогелю мають низьку корозійну здатність та дозволяють проводити всі види геофізичних досліджень.

До їх вад належить відсутність ефективних заходів щодо рекристалізації осадів і збереження на усті отриманої у вибійних умовах нерівноважної системи.

#### ПОЛІМЕРНІ РІДИНИ

Його основу складає водний розчин одного або двох високомолекулярних полімерів. Останні призначені для зменшення водовіддачі, попередження диспергації частинок, флокуляції вибуреної породи, покращення реологічних властивостей промивальних рідин.

Полімерні розчини володіють тиксотропною структурою та не здатні кольматувати проникні породи-колектори. Щоб ліквідувати ці недоліки у полімерний розчин вводять колоїдну фазу – глинопорошок, крейду, азбест тощо.

#### НАФТОЕМУЛЬСІЙНІ РІДИНИ

Нафтоемульсійні рідини використовують для розбурювання розривів великої потужності, складених глинистими або глинисто-карбонатними породами, які схильні до утворення сальників.

Їх одержують шляхом додавання до промивальної рідини на водній основі 8-15 % нафти. При використанні таких рідин суттєво зменшується липкість фільтраційних кірок, тертя бурових труб до стінок свердловини, водовіддача, сальникоутворення, інерційний момент обертання бурової колони. Сильно зростає швидкість проходки та проходка надолото.

#### АЕРОВАНІ РІДИНИ.

Аеровані рідини – промивальні рідини, в які введено газовий компонент, що надає їх нові властивості. Ці рідини займають проміжне становище між рідкими та газоподібними агентами. Вони застосовуються в основному при проходці зон поглинання, для збільшення механічної швидкості та проходки на долото, підвищення якості розкриття продуктивних горизонтів.

Аерується розчин або механічним шляхом – насичення вихідного розчину повітрям, або хімічним шляхом – обробкою розчину

піноутворюючими ПАР. При хімічній аерації розчини стійкіші, їх в'язкість і статичне напруження зсуву легко регулюється, вони володіють добрими кіркоутворюючими глинистими властивостями, у порівнянні з рідинами керованими механічним шляхом. В промивній рідині аеровані хімічним шляхом крім ПАР вводять реагент-структурутворювач – каустична або кальцинована.

Перевагою буріння із застосуванням керованих рідин є: 1) запобігання та ліквідація різних поглинань внаслідок малої густини та підвищеної в'язкості. 2) підвищення показників роботи долота завдяки низькому тиску на вибій; 3) підвищення якості розкриття продуктивних пластів, у яких коефіцієнт аномальності менший одиниці.

До вад керованих рідин належать: ускладнення технологічної схеми процесу у зв'язки з встановленням колекторів; необхідність додаткової роботи з обв'язки та герметації устя; трудність щодо регулювання властивостей.

#### ГАЗОПОДІБНІ АГЕНТИ

Газоподібні агенти застосовують при бурінні в стійких інтервалах з низькими коефіцієнтами аномальності пластового тиску, в яких немає інтенсивних припливів пластових вод.

Переваги буріння із застосуванням газоподібних агентів:

- 1) підвищення показників роботи долота, покращення виносу породи; відсутність глинистої;
- 2) відсутність поглинань;
- 3) висока якість розкриття продуктивних пластів;
- 4) вищий процент виносу керну.

До вад керованих рідин належать:

- 1) гази не створюють протитиску на стінки свердловини;
- 2) не відвертають припливу пластових флюїдів;
- 3) не здатність утримувати вибурену породу в завислому стані;
- 4) не змащують та погано охолоджують деталі;

Газоподібні компоненти доцільно застосовувати при бурінні сухих та стійких порід, в зоні вічної мерзлоти. При значних припливах води буріння газоподібне не вигідне, оскільки різко зростає потужність компресорів.

#### 4. ХІМІЧНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН

У процесі буріння в промивальну рідину надходять частинки вибурених порід, які часто містять водорозчинні компоненти, а також мінералізовані та прісні води. Збільшення вмісту іонів і зміна якісного складу дисперсійного середовища, як правило, викликає коагуляцію промивальної рідини, що супроводжується ростом водовіддачі, умовної в'язкості, статичного напруження зсуву.

Єдиним виходом для регулювання властивостей промивальних рідин на водній основі є обробка їх за допомогою різних хімічних агентів, які умовно можна розділити на: (1) понижувачі водовіддачі; (2) понижувачі в'язкості; (3) реагенти спеціального призначення.

Понижувачі водовіддачі. До цієї групи належать реагенти на основі водорозчинних ефірів целюлози (КМЦ – карбоксиметил целюлоза, ММЦ – модифікована метил целюлоза), реагенти на основі лігносульфонатів (КССБ – конденсована сульфід спиртова барда), крохмальні реагенти, акрилові полімери (гіпан, метас тощо), реагенти гумінові (ВЛР – вуглелужний реагент, ТЛР – торфолужний реагент);

Понижувачі в'язкості. До цих речовин належать похідні лігносульфонових кислот (ССБ – сульфід спиртова барда, ФХЛС – ферохромлігносульфонат), реагенти на основі гідролізованого лігніну (нітролігнін), таніни (ялинковий та вербовий екстракти), ПФЛХ – поліфеноллісохімічний).

Реагенти спеціального призначення. Реагенти що зв'язують солі кальцію (сода кальцинована, ТПФН – триполіфосфат натрію); реагенти що поставляють іони кальцію (вапно, гіпс, кальцій хлористий); реагенти що надають термостійкості (хромати, біхромати); структуроутворювачі (кухонна

сіль, рідке скло, полімери); мастильні домішки (графіт, нафта тощо); регулятори лужності (каустична сода); піногасники (СЖК – синтетичні жирні кислоти, окислений петролатум, суспензія гуми).

## 5. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

З усіх дисперсних систем найбільш повно відповідають вимогам, що пред'являються до бурових розчинів, колоїдні системи. За молекулярно-кінетичної теорії внутрішнє зчеплення тіл обумовлено силами взаємодії молекул. У середині тіла (рідини) ці сили врівноважені. Сили притягання молекул, розташованих на поверхні розділу двох фаз, не врівноважені. У результаті надлишку сил тяжіння з боку рідини молекули з кордону розділу прагнуть втягнутися всередину, тому поверхня розділу прагне до зменшення. У зв'язку з цим поверхневі молекули на розділі фаз мають деякою невідшкодованою надлишковою енергією, званою *поверхневою*.

*Поверхневий натяг* можна уявити як роботу освіти  $1\text{ м}^2$  поверхні (Дж / м<sup>2</sup>). Таким чином, ПАР - це речовини, що знижують поверхневий натяг.

Велике значення в характеристиці дисперсних систем має *явище змочуваності*. Змочування рідиною твердого тіла можна розглядати як результат дії сил поверхневого натягу. Вона характеризується величиною крайового кута.

Якщо дисперсійним середовищем є вода, то системи називаються *гідрофільними*, якщо масло - *гідрофобними*. Перші відносно стійкі, тобто стабільні в часі, а другі характеризуються слабким молекулярною взаємодією, тому не стабільні.

Розрізняють *кінетичну* (седиментаційних) і *агрегативну* стійкості. Кінетична забезпечується седиментацією і броунівським рухом, а агрегативна визначає здатність частинок дисперсної фази не злипатися. За агрегативно станом і механічними властивостями розрізняють вільно-дисперсні (або безструктурні) і зв'язно-дисперсні (структуровані) системи. Перші відрізняються рухливістю і не чинять опору зрушенню. Связнодисперсная

система отримала назву «гелю» і відрізняється наявністю суцільної просторової структури. Вона володіє в'язкістю, пластичністю, міцністю, пружністю і т.п.

Просторова структура гелю при механічному впливі руйнується. Гель перетворюється на «золь» (рідку дисперсну систему). У стані спокою структура відновлюється. Процес, пов'язаний зі створенням і руйнуванням просторової структури, отримав назву *тиксотронії*. Тиксотропність - одна з найважливіших характеристик бурових розчинів.

*Коагуляція* - укрупнення (злипання, злиття) часток дисперсної фази під дією молекулярних сил зчеплення або сил тяжіння.

*Флокуляція* - злипання гідрофобних мінеральних частинок в пластівці. Гідрофобна коагуляція характеризується повним розшаруванням дисперсної системи на рідку і тверду фази.

Дисперсність скоагульованого колоїдної системи можна відновити, додаючи *пептизаторів*. Пептизація - зворотний процес коагуляції.

*Структуроутворення* - це здатність колоїдних частинок в нерухомому розчині злипатися по краях і утворювати сотообразную структуру, що заповнює весь об'єм розчину.



## ПИТАННЯ ДЛЯ ПОВТОРЕННЯ

1. Характеристика промивних рідин.
2. Основні параметри промивних рідин.
3. Визначення густини та в'язкості параметрів промивальних рідин.
4. Визначення тиксотропних параметрів промивальних рідин.
5. Визначення фільтраційних параметрів промивальних рідин.
6. Визначення водневого показника та седиментаційної стійкості рідин.
7. Основні види промивних рідин.
8. Характеристика рідин з твердою фазою.
9. Характеристика суспензій з конденсованою фазою.
10. Характеристика полімерних та нафтоемульсійних рідин.
11. Характеристика аерованих рідин та газоподібних бурових реагентів.
12. Хімічні реагенти для обробки промивальних рідин.
13. Основні властивості дисперсних систем.