

Лекції 2-5

Особливості проведення гідрогеологічних досліджень у зв'язку з розробкою та експлуатацією нафтогазових родовищ

План

1. Головні типи нафтогазоносних басейнів і родовищ нафти і газу.
2. Етапи та стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ.
3. Гідрогеологічні критерії оцінки перспектив нафтогазоносних басейнів.
4. Гідрогеологічні дослідження при пошуках родовищ нафти і газу.
5. Гідрогеологічні дослідження при розвідці й розробці родовищ нафти і газу.

1. Головні типи нафтогазоносних басейнів і родовищ нафти і газу

Нафта й газ як до, так і після свого існування у вигляді покладів частково знаходяться в розчинному стані у підземних водах. Формування нафтових і газових покладів пов'язане із певними гідрогеологічними умовами у структурах (пастках) та поблизу них, а самі поклади є елементами водонапірних комплексів і систем, з якими вони знаходяться у щільній гідравлічній єдності, фізичній, хімічній та механічній взаємодії.

Як правило, нафтові й газові родовища знаходяться всередині водонапірних систем, утворюючи у сукупності *нафтогазоводонасні басейни* або *нафтогазоносні*

басейни підземних вод. Серед них виділяються *3 головних типи*, що характеризуються певними геолого-структурними та гідрогеологічними особливостями.

Басейни I типу (Pz) розташовані у межах платформ з давнім докембрійським фундаментом і частково захоплюють суміжні території давніх крайових прогинів (наприклад, *Дніпрово-Донецький нафтогазонасний басейн підземних вод*). Басейни цього типу розташовуються, головним чином, у межах рівнин та давніх передгір'їв. Для басейнів характерна одноманітність хімічного й газового складу підземних вод, слабка газонасиченість, переважання розсолів і вод хлоридно-кальцієвого типу, значний розвиток і роль сучасних інфільтраційних процесів у водоносних комплексах та слабка рухливість підземних вод, що їх заповнюють.

Басейни II типу (Mz) розташовані на плитах із молодим палеозойським фундаментом, захоплюючи суміжні молоді крайові прогини альпійських гірських споруд (наприклад, *Передкарпатський* та *Причорноморський нафтогазонасні басейни підземних вод*). Басейни цього типу знаходяться у межах рівнин та епіконтинентальних ділянок морів, захоплюючи передгір'я молодих високих гірських споруд. Басейнам притаманне сполучення у розрізі інфільтраційних та *елізійних систем* (від лат. «*elizio*» - витискання, виштовхування), широкий розвиток слабомінералізованих підземних вод, нарівні з розсолами, висока газонасиченість та різка мінливість хімічного й газового складу в плані та у розрізу, локальні прояви *інверсійної гідрохімічної зональності* (від лат. «*inversio*» - перестановка; зменшення мінералізації з глибиною, замість звичайного зростання) та гідродинамічних аномалій.

Існують, також, басейни проміжного типу (між I та II

типами) (наприклад, *Західносибірський нафтогазоносний басейн підземних вод*).

Басейни III типу (Kz) розташовані у внутрішніх структурах (западинах) альпійської складчастої системи (наприклад, *Південно-Каспійський нафтогазоносний басейн підземних вод*). Басейнам цього типу притаманний виключний розвиток елізійного водообміну, надзвичайно висока газонасиченість, інверсійна гідрохімічна зональність, аномально високі пластові тиски у глибоких водоносних комплексах, що зменшуються до крайових ділянок міжгірських западин.

2. Етапи та стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ

Геологорозвідувальні роботи на нафту й газ проводяться в 3 етапи, які, у свою чергу, поділяються на стадії:

1) *Регіональний етап* - поділяється на 2 стадії: прогноз нафтогазоносності та оцінка зон нафтогазоносності.

2) *Пошуковий етап* - поділяється на 2 стадії: виявлення та підготовка об'єктів до пошукового буріння; пошуки родовищ або покладів.

3) *Розвідувальний етап* - поділяється на 3 стадії: оцінка родовища; підготовка родовища або покладів до розвідки; експлуатаційна розвідка.

Залежно від масштабу та значущості родовища, ступеню вивченості території та інших факторів окремі стадії можуть вилучатися або об'єднуватися.

Пошуково-розвідувальні роботи на нафту й газ виконуються на підґрунті геологічних і гідрогеологічних узагальнень та містять комплексне вивчення надр за допомогою геолого-структурного картографування, польових і промислових геофізичних досліджень,

пошуково-розвідувального буріння, геохімічних методів розвідки, гідрогеологічних, геохімічних та інших методів досліджень. Гідрогеологічні дослідження проводяться на всіх стадіях пошуково-розвідувальних робіт, а також під час експлуатації нафтових і газових родовищ.

3. Гідрогеологічні критерії оцінки перспектив нафтогазоносних басейнів

Гідрогеологічні критерії використовуються на різних етапах проведення пошуків на нафту й газ та застосовуються для вирішення конкретних задач, головними з яких є:

- 1) оцінка перспектив нафтогазоносності конкретних територій;
- 2) виявлення нафтогазоносних товщ і зон зі сприятливими умовами збереження покладів нафти й газу;
- 3) виявлення родовищ і покладів нафти й газу.

Залежно від призначення та характеру використання у практиці пошуково-розвідувальних робіт на нафту й газ *гідрогеологічні критерії (показники)* поділяються на 5 груп:

1) *Показники наявності покладів нафти та газу* – це підвищені тиски насичення розчинених у підземних водах газів; вміст у них, вуглеводневих газів, бензолу та його гомологів (від грец. «*hydrologia*» – спільнота; це група органічних сполук, окремі члени якої відрізняються один від одного групою CH_2 , наприклад, метиловий спирт CH_3OH , етиловий спирт CH_3CH_2OH), особливо збільшення цих показників назустріч руху підземних вод та у напрямках, що сприяють накопиченню нафти та газу у геологічних структурах (пастках); значна амплітуда коливань рівня води у свердловинах зі зміною

атмосферного тиску.

2) *Показники наявності нафти та газу* - наявність у підземних водах розчинених вуглеводневих газів (метану та його гомологів, наприклад, етану, пропану, бутану тощо), безаргонного азоту та сірководню; підвищений вміст у воді рідких вуглеводнів (бензолу, толуолу), летких жирних кислот і фенолів; високі концентрації у підземних водах амонію, йоду та бромі; вміст гідросульфідів і соди; недонасиченість води сульфатами.

3) *Показники умов формування скупчень нафти та газу* - тривалість елізійних етапів; інтенсивність елізійного водообміну; віддаленість областей живлення; невеликі гідравлічні ухили та швидкості потоків.

4) *Показники умов збереження та руйнування нафти та газу*. Вони поділяються на:

а) *гідрогеологічні* – це закритість надр; низькі ухили та швидкості потоків, положення областей живлення (планове та висотне); недоторканість седиментаційних вод; тривалість елізійних та інфільтраційних етапів розвитку систем;

б) *гідрогеохімічні* – це відсутність у воді високих концентрацій азоту, водню, вуглекислого газу, безсульфатність вод, їхня висока мінералізація та хлоридність (за відсутності соляних покладів), високий вміст бромі та гелію, низьке значення хлор-бромного та високе значення гелій-аргонового коефіцієнтів.

5) *Показники наявності пасток нафти та газу*. Вони поділяються на:

а) *гідродинамічні* (п'єзомаксимуми та п'єзомінімуми);

б) *гідрохімічні* (аномалії у верхніх комплексах і горизонтах, по відношенню до перспективних, за загальною мінералізацією, хлоридністю, сульфатністю та мікрокомпонентами);

в) *геотермічні* (позитивні температурні аномалії у водоносних комплексах і горизонтах, що залягають вище).
Всі ці показники пов'язані із джерелами розвантаження водонапірних нафтогазоносних комплексів.

4. Гідрогеологічні дослідження при пошуках родовищ нафти і газу

На початкових етапах і стадіях пошукових робіт використовуються матеріали геологічних загальних і спеціальних гідрогеологічних і гідрохімічних зйомок, а також матеріали різних пошуків і буріння опорних свердловин.

Залежно від того, чи відома у цьому районі нафтогазоносність, головну увагу приділяють показникам наявності нафти та газу або показникам їхнього збереження.

На окремих ділянках використовуються спеціальні гідрохімічні зйомки з метою виявлення пасток (гідрохімічних аномалій), або для отримання показників наявності нафти та газу у районі, де ще не виявлена нафтогазоносність.

На стадії пошукового буріння головну роль відіграють гідрогеологічні відомості, що були отримані внаслідок буріння опорних, параметричних і пошукових свердловин та їхнього гідрогеологічного випробування. У результаті встановлюються найважливіші показники наявності пасток нафти й газу та нафтогазових скупчень, а також показники умов збереження нафти та газу у перспективних горизонтах.

На всіх стадіях пошукових робіт проводяться гідрогеологічні дослідження з метою збору матеріалів для порівняльної оцінки перспектив нафтогазоносності

окремих басейнів, районів, площ і горизонтів. Головним чином, використовуються, якщо є можливість, всі гідрогеологічні показники, а при наявності достатньо містких матеріалів опорного й глибокого пошукового буріння - показники наявності покладів нафти й газу та показники умов збереження нафти й газу.

На підґрунті комплексного використання різноманітних гідрогеологічних показників складаються оціночні карти перспектив нафтогазоносності для окремих водоносних комплексів і районів у цілому.

5. Гідрогеологічні дослідження при розвідці й розробці родовищ нафти і газу

З метою успішного вирішення завдань промислової гідрогеології у процесі розвідки та розробки родовищ нафти й газу *мають бути отримані дані, що характеризують:*

- 1) просторово-геологічне положення підземних вод і покладів нафти й газу, а також їхній взаємозв'язок;
- 2) хімічний склад підземних вод;
- 3) положення статичних рівнів і величин пластових тисків по усіх пов'язаних із нафтогазопроявами водоносних горизонтах і комплексах;
- 4) склад і вміст розчинених у воді газів;
- 5) гідродинамічні параметри продуктивних і пов'язаних з ними водоносних горизонтів;
- 6) геотермічні умови родовища, що вивчається;
- 7) режим продуктивних нафтогазоносних горизонтів і гідродинамічні умови їхньої експлуатації.

У промисловій практиці підземні води нафтогазових родовищ поділяються на:

- 1) *пластові* (гравітаційні води нафтогазоводоносних

пластів);

2) *тектонічні* (що рухаються по тектонічним порушенням у межах родовищ);

3) *зв'язані* (капілярні, затиснуті та інші сполучені води, що знаходяться всередині нафтогазонасиченої частини пласту);

4) *конденсаційні* (що виділяються із газів при конденсації водяної пари);

5) *технічні* (штучно введені у продуктивні шари при бурінні свердловин, промиванні та обводненні пластів з метою підтримання пластового тиску).

Найбільше розповсюдження, важливість та значення мають *пластові води* (рис. 9.1), які залежно від їхнього просторового розташування відносно нафтових і газових покладів поділяються на *нижні крайові* (контурні), *підшовені*, *проміжні*, *верхні крайові* (зустрічаються вкрай рідко), *верхні та нижні води*.

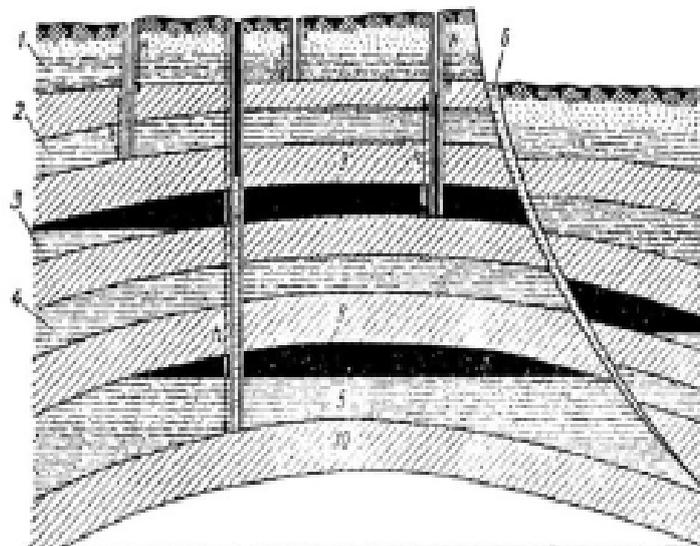


Рис. 9.1. Пластові води:

1 – з вільною поверхнею (ненапорні); 2 – верхня відносно нафтоносного горизонту; 3 – крайова приконтурної зони (нижня крайова напірна); 4 – нижня відносно нафтоносного горизонту (нижня напірна); 5 – підшовина; 6 – глибинна; 7 – проміжна; 8 – верхня крайова; 9 – нафта; 10 – глина; 11 – глибина рівня

У процесі розвідувальних робіт гідрогеологічні дослідження проводяться з метою:

- 1) встановлення наявності покладів нафти та газу;
- 2) визначення положення нафтогазоводяних контактів і нафтових об'ємів газонесучих покладів та їхніх можливих зміщень;
- 3) вивчення загального соляного й газового складу підземних вод;
- 4) визначення положення статичних рівнів і значень пластових тисків;
- 5) уточнення гідрогеологічних і гідрохімічних особливостей розрізу родовища;
- 6) виявлення гідродинамічних властивостей та параметрів продуктивних пластів і свердловин;
- 7) встановлення комплексу прямих і непрямих показників нафтогазоносності розрізу.

Головними шляхами отримання інформації на цьому етапі є гідрогеологічні спостереження та дослідження при бурінні розвідувальних, опорних, параметричних і розвідувально-експлуатаційних свердловин, а також спеціальне випробування різних категорій свердловин після їхнього буріння.

Отриману у результаті досліджень інформацію про гідрогеологічні умови родовища, що розвідується, відображують на типових гідрогеологічних розрізах, а для родовищ з різкою зміною гідрогеологічних показників по площі - на різноманітних картах (наприклад, хімічного складу, мінералізації тощо) по окремих нафтогазоносних комплексах і горизонтах підземних вод.

Отриману під час розвідувальних робіт інформацію (особливо про режим нафтоводоносних пластів, їхні гідродинамічні властивості та параметри, умови експлуатації свердловин) використовують як для

проектування, так і для розробки нафтогазових родовищ.

Головними завданнями гідрогеологічних досліджень під час підготовки й введення в експлуатацію нафтогазових покладів є:

- 1) узагальнення всіх раніше зібраних матеріалів;
- 2) визначення можливого режиму експлуатації покладів;
- 3) обґрунтування найбільш раціональної схеми розробки родовищ і шляхів здійснення контролю за експлуатацією нафтогазових покладів.

Для прогнозу можливих режимів роботи нафтогазоводонесних пластів при їхній експлуатації необхідно мати гідрогеологічні відомості про будову водонапірної системи, просторову витриманість її нафтогазоводонесних комплексів і горизонтів, віддаленість покладів від областей їхнього живлення й розвантаження та ступеню їхнього гідравлічного зв'язку із цими областями, можливості існування гідравлічного зв'язку продуктивних і непродуктивних горизонтів, ступеню їхнього нафтогазонасичення, об'ємах і пружних запасах нафтогазоводонесних комплексів, фільтраційних властивостях продуктивної та законтурної областей систем.

Всі ці відомості отримують внаслідок гідрогеологічних спостережень та випробування свердловин різних категорій (опорних, параметричних, розвідувальних, експлуатаційних, спостережних). Виняткову цінність мають результати спостережень за глибокими свердловинами режимної мережі, що забезпечує можливість визначення режиму глибокозалегаючих водонесних і нафтогазоводонесних горизонтів від зон живлення до зон їхнього розвантаження із урахуванням головних регіональних закономірностей режиму підземних вод. Саме режим роботи

нафтогазоводоносних пластів багато у чому визначає систему заходів з проектування, здійснення й контролю процесу розробки нафтогазових родовищ.

На практиці широко застосовується система розробки нафтогазових родовищ в умовах водонапірного режиму з *підтримуванням пластового тиску (ППТ)* шляхом нагнітання води (або газу) у продуктивні пласти. Для обґрунтування проектування такої системи проводяться спеціальні гідрогеологічні дослідження із пошуків джерел обводнення, їхньої розвідки, оцінки та прогнозу умов їхньої експлуатації для заводнення нафтогазових родовищ.

Гідрогеологічні дослідження, пов'язані з розробкою нафтогазових покладів, починають у перших розвідувально-експлуатаційних свердловинах, в яких при випробуванні були отримані притоки нафти та газу.

Протягом всієї експлуатації покладів здійснюються спостереження та дослідження у законтурних свердловинах. *Метою цих досліджень й спостережень є:*

- 1) виявлення змін тиску у покладах і перерозподілу його за площею;
- 2) виявлення змін нафтогазонасиченості й водонасиченості пластів;
- 3) виявлення переміщення водогазонафтових і газоводяних контурів;
- 4) виявлення змін фізичних і хімічних властивостей нафти, газу та води, що витікаються з покладів.

Для виконання цього завдання проводяться точні виміри дебітів рідини, визначають вміст у ній нафти й води у всіх свердловинах та в цілому у покладах. Отримані відомості узагальнюються у вигляді кривих у найбільш характерних свердловинах і у покладах, що розробляються.

Окрім того, проводяться безперервні спостереження за зміною рівнів у п'єзометричних свердловинах - це або розвідувальні свердловини, що опинились за контуром нафтогазоносності, або свердловини, що раніше вже експлуатувалися, а потім заводнилились пластовою водою; дуже рідко проходять спеціальні п'єзометричні свердловини.

Законтурні свердловини дають уяву про пластовий тиск у період розробки й експлуатації нафтогазового покладу. З початком його розробки проводяться спостереження за зміною рівнів води у цих свердловинах шляхом безперервного їхнього вимірювання реєстраційними *рівнемірами*, або *манометрами* з наступною побудовою графіків зміни динамічного рівня із часом. Щорічно, для спостереження за переміщенням газонафтових і воднонафтових контурів складаються карти заводненості із нанесенням на них свердловин, що заводнилились та контурів нафтогазоносності.

З метою вивчення змін хімічного складу та властивостей підземних вод у часі з експлуатаційних і спостережних свердловин відбирають проби води на хімічний аналіз та інші визначення приблизно через кожні 10 діб протягом перших 3-х місяців із часу припливу води, потім через місяць протягом року, а надалі - не менше 2-х разів на рік.

Отримані у результаті всіх видів спостережень, лабораторних робіт і спеціальних досліджень гідрогеологічні і гідрохімічні відомості систематизують та зображують у вигляді різних розрізів, профілів, карт і графіків, що використовуються для управління процесом розробки нафтогазоносного родовища.

План лекцій

Лекція 1-2. Генезис, склад та умови формування підземних вод нафтових і газових родовищ

1. Процеси формування хімічного складу підземних вод і розсолів.
2. Природні водонапірні системи.
3. Особливості проведення гідрогеологічних досліджень у зв'язку з розробкою та експлуатацією нафтогазових родовищ.

Лекція 3-4. Гідрогеологічні умови генерації, міграції, акумуляції, консервації та руйнації нафти і газу

1. Теорії нафтогазоутворення.
2. Палеогідрогеологічні дослідження.
3. Гідрогеологічні показники нафтогазоносності.
4. Вертикальна гідрогеологічна зональність.

Лекція 5. Нафтогазогеологічне та гідрогеологічне районування України

1. Нафтогазоносні басейни України.
2. Гідрогеологічні області України.

Лекція 6. Гідрогеологія нафтових і газових родовищ Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ)

1. Нафтогазогеологічне та гідрогеологічне районування ДДЗ.
2. Вертикальна гідрогеологічна зональність ДДЗ.
3. Гідрогеологічні особливості Шебелинського газоконденсатного родовища.

Лекція 7. Гідрогеологія нафтових і газових родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції

1. Нафтогазоносні області (Волино-Подільська, Предкарпатська, Складчастих Карпат, Закарпатська).
2. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод.

Лекція 8. Гідрогеологія Причорноморсько-Кримської нафтогазоносної провінції.

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазоконденсатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Лекція 9. Гідрогеологія Волго-Уральської та Прикаспійської нафтогазоносної провінції.

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазоконденсатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Лекція 10. Гідрогеологія Західно-Сибірської та Аму-Дар'їнської нафтогазоносною провінції

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазокондесатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Лекція 11-12. Гідрогеологія Східно-Сибірської нафтогазоносною провінції

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазокондесатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Лекція 13-14. Гідрогеологія Північноморської нафтогазоносною провінції

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазокондесатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Лекція 15. Гідрогеологія Аравійсько-Месопотамської нафтогазоносною провінції.

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазокондесатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Лекція 16. Гідрогеологія нафтогазоносних провінцій Північної та Південної Америки.

1. Нафтогазоносні області.
2. Основні нафтогазокондесатні родовища.
3. Гідрогеологічний розріз родовищ. Пластові тиски і температури. Хімічний склад пластових вод. Гідрогеологічні умови розробки.

Практична робота № 1

Гідрогеологічна характеристика нафтогазоносних родовищ України

Вихідні дані: геологічний розріз, структурні карти, результати буріння, результати геофізичних досліджень свердловин (ГДС), результати випробування свердловин, аналізи води, вільного і водорозчиненого газу, дані щодо нафтогазоносності, бібліографічні дані щодо гідрогеологічних умов району знаходження родовища.

Хід роботи:

- 1) Зібрати бібліографічні дані щодо району знаходження родовища (перелік джерел).
- 2) Опрацювати гідрогеологічний розріз, структурні карти та результати ГДС: а) виділити гідрогеологічні поверхи та визначитися з вертикальною гідрогеологічною зональністю; б) виділити основні гідрогеологічні комплекси та флюїдотриви; в) виділити водоносні горизонти; г) визначити приналежність нафтогазових покладів до гідрогеологічних комплексів; д) за потреби, намалювати схематичний гідрогеологічний розріз.
3. Опрацювати результати випробування свердловин, досліджень керну та ГДС для встановлення водозбагаченості водоносних комплексів та горизонтів й їх фільтраційно-ємнісних характеристик.
4. Обробити результати хімічних аналізів пластових вод:

- а) визначити компонентний склад води у наступних одиницях – мг/дм³, мг-екв/дм³, % екв;
- б) класифікувати воду за ступенем мінералізації;
- в) порахувати корелятивні показники – $r_{Na/rCl}$, $r_{Ca/rMg}$;
- г) встановити тип води за В. Суліним;
- д) скласти таблиці пластових вод та водорозчинених газів.

5. Скласти гідрогеологічну характеристику.

Вихідні матеріали надсилаються студенту на ел. пошту.

Зроблена гідрогеологічна характеристика подається, як в електронному вигляді, так і у вигляді презентації та доповідається.

Практична робота № 2

Гідрогеологічна характеристика основних нафтогазоносних провінцій світу

Вихідні дані: геологічний розріз, структурні карти, результати буріння, результати геофізичних досліджень свердловин (ГДС), результати випробування свердловин, аналізи води, вільного і водорозчиненого газу, дані щодо нафтогазоносності, бібліографічні дані щодо гідрогеологічних умов району знаходження родовища.

Хід роботи:

- 1) Зібрати бібліографічні дані щодо району знаходження родовища (перелік джерел).
- 2) Опрацювати гідрогеологічний розріз, структурні карти та результати ГДС:
 - а) виділити гідрогеологічні поверхи та визначитися з вертикальною гідрогеологічною зональністю;
 - б) виділити основні гідрогеологічні комплекси та флюїдотриви;
 - в) виділити водоносні горизонти;
 - г) визначити приналежність нафтогазових покладів до гідрогеологічних комплексів;
 - д) за потреби, намалювати схематичний гідрогеологічний розріз.
3. Опрацювати результати випробування свердловин, досліджень керну та ГДС для встановлення водозбагаченості водоносних комплексів та горизонтів й їх фільтраційно-ємнісних характеристик.
4. Обробити результати хімічних аналізів пластових вод:
 - а) визначити компонентний склад води у наступних одиницях – мг/дм³, мг-екв/дм³, % екв;

- б) класифікувати воду за ступенем мінералізації;
 - в) порахувати корелятивні показники – $r_{Na/rCl}$, $r_{Ca/rMg}$;
 - г) встановити тип води за В. Суліним;
 - д) скласти таблиці пластових вод та водорозчинених газів.
5. Скласти гідрогеологічну характеристику.

Вихідні матеріали надсилаються студенту на ел. пошту.

Зроблена гідрогеологічна характеристика подається, як в електронному вигляді, так і у вигляді презентації та доповідається.

