

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Географічний факультет

О. П. Вовк, В. Ю. Стельмах

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З КУРСУ ГІДРОГЕОЛОГІЯ

103 НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ

**(ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА:
ГІДРОЛОГІЯ)**

Методичні вказівки студентам географічного факультету

УДК 556.3
В 61

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 3 від 19.10.2022 р.)*

Рецензенти:

Міщенко О. В. – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Федонюк М. А. – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології Луцького національного технічного університету.

Вовк О. П., Стельмах В. Ю.

В 61 Практичні роботи з гідрогеології: методичні вказівки [студ. географ. ф-ту]. Луцьк : ПП Іванюк І.П., 2022. 68 с.

Методичні вказівки містять завдання, методику їх виконання та необхідну довідкову інформацію для проведення практичних робіт з курсу ГІДРОГЕОЛОГІЯ.

Для студентів денної форми навчання, які здобувають рівень вищої освіти „Бакалавр” за спеціальністю 103 Науки про Землю.

УДК 556.3

ЗМІСТ

ВСТУП	3
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РИХЛИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД	5
ОСНОВНІ ФРАКЦІЇ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА	7
ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД РИХЛИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД І МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ.....	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. Ситовий метод визначення гранулометричного складу рихлих гірських порід.....	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. Піпетковий метод визначення гранулометричного складу рихлих гірських порід	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. Ареометричний метод визначення гранулометричного складу рихлих гірських порід	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. Візуальний метод визначення гранулометричного складу рихлих гірських порід	30
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5. Гранулометричний аналіз за методом Рутковського	32
СПОСОБИ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПОРІД.....	39
КЛАСИФІКАЦІЇ РИХЛИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД	44
ПРАКТИЧНА РОБОТА 6. Визначення в'язкості рідини	47
ПРАКТИЧНА РОБОТА 7. Визначення лужності води	50
ПРАКТИЧНА РОБОТА 8. Визначення коефіцієнта фільтрації гірських порід методом постійного напору води	53
ПРАКТИЧНА РОБОТА 9. Експериментальна перевірка закону Дарсі.....	55
ПРАКТИЧНА РОБОТА 10. Ґрунтові та артезіанські води. Побудова карт гідро- та п'єзоізогіпс	57
ПРАКТИЧНА РОБОТА 11. Побудова гідрогеологічного розрізу. Написання пояснювальної записки до карти	64
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	67

ВСТУП

Освітня компонента «Гідрогеологія» належить до переліку нормативних навчальних освітніх компонент, забезпечує професійний розвиток бакалавра та спрямована на формування у студентів компетентностей щодо здатності використовувати гідрологічну і гідрогеологічну інформацію та спеціальні знання в теоретичних та практичних цілях у сфері професійної діяльності, при здійсненні комплексних фізико-географічних досліджень території. Навчальний курс сприяє формуванню практичних умінь і навичок використання методів гідрологічних і гідрогеологічних досліджень, залучати методи суміжних наук для вирішення геохімічних питань, пояснення гідрологічних процесів і явищ у взаємозв'язку з природними умовами, враховуючи можливе господарське використання, визначення гідрологічних, гідрогеологічних, геофізичних і геохімічних характеристик природних об'єктів.

Метою освітньої компоненти «Гідрогеологія» є формування у студентів знань про місце і роль водних ресурсів у народному господарстві, умови їх утворення, оцінку і кадастр.

Основними **завданнями** курсу «Гідрогеологія» є формування професійних компетенцій, що дозволяють мати уявлення про такі питання:

- водні ресурси, їх розміщення та облік;
- водний кодекс;
- характеристика учасників водогосподарських комплексів;
- охорона водних ресурсів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні **знати**:

- понятійний апарат гідрогеології та суміжних наук (це необхідно для розуміння процесів раціонального використання водних ресурсів);
- класифікацію поверхневих вод;
- походження підземних вод;
- класифікацію водних ресурсів.

вміти:

- користуватися методами гідрологічних досліджень, гідрологічного та структурного аналізу, залучати методи суміжних наук для вирішення гідрологічних питань;
- пояснювати гідрологічні процеси і явища у взаємозв'язку з природними умовами, враховуючи можливе господарське використання;
- визначати мінерально-петрографічні та геологічні характеристики порід-колекторів в природних об'єктах;
- давати правильні відповіді на конкретні теоретичні питання та грамотно виконувати завдання з гідрології в межах інформації, передбаченої програмою освітньої компоненти;
- правильно оцінювати запаси водних ресурсів України.

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РИХЛИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Будь-яка гірська порода є складною системою, що складається з наступних частин:

- тверді мінерали та органічні частинки, що становлять скелет породи;
- пори, порожнини, тріщини різної форми, розмірів та походження;
- вода в порах, порожнинах і тріщинах, що знаходиться в різному фізичному стані: пароподібному, зв'язаному, рідкому та твердому;
- гази і пари у вільній від води частині пор, порожнин і тріщин.

Гірські породи за своїми фізичними, механічними та хімічними властивостями надзвичайно різноманітні. Ці властивості не залишаються незмінними, а змінюються під впливом різних геофізичних процесів. Щоб мати уявлення характер цих процесів, необхідно ретельне вивчення механічних, фізичних і водних властивостей гірських порід.

За механічними властивостями всі гірські породи поділяються *на три великі групи: скельні, напівскельні та рихлі*. За класифікацією Ломтадзе (1972) – на скельні, напівскельні, рихлі незв'язні, м'які зв'язкові породи особливого складу та стану (мерзлі породи).

Скельні та напівскельні гірські породи характеризуються масивністю, часто мають кристалічну будову, володіють структурними кристалізаційними або пружними аморфними зв'язками. Водні розчини, пари та гази циркулюють у породах лише в межах тріщин та рідкісних порожнин різної величини та походження.

Рихлі гірські породи є продуктами руйнування скельних і напівскельних порід, часто перевідкладені під впливом вітру, текучої води і мас льоду. Рихлі породи можуть перебувати в сипучому, напівзв'язному та зв'язному станах. Водні розчини, пари та гази циркулюють у них по численних дрібних і великих проміжках між окремими зернами.

Під фізико-механічними властивостями гірських порід розуміються властивості, що характеризують фізичний стан (питома і об'ємна вага, пористість, щільність, тріщинуватість, вологість), ставлення до води

(водопроникність, вологоємність, водовіддача) та особливості поведінки під впливом зовнішнього навантаження (пружність, міцність, опір зсуву). Фізико-механічні властивості рихлих порід залежать від величини та форми зерен, їх мінералогічного складу тощо.

Залежність фізико-механічних властивостей рихлих порід від розміру і форми частинок обумовлена тим, що рихла порода є багатофазною дисперсною системою, що володіє внутрішньою і поверхневою енергією. Поверхнева енергія пропорційна питомій поверхні дисперсної фази і величина її тим більша, чим дрібніше роздроблена порода.

Зв'язність породи – здатність залишатися в компактному вигляді і зберігати свою форму в сухому і вологому стані.

Залежність фізико-механічних властивостей рихлих порід від мінералогічного складу пов'язана з тим, що різні мінерали, з яких складається порода, мають різну форму, твердість, питому вагу, пружність і т. д. Тому породи, що складаються з різних мінералів, повинні мати неоднакові властивості. Однак ці відмінності більшою мірою виражені у великоуламкових породах. У міру збільшення ступеня дисперсності рихлих порід залежність їх фізико-механічних властивостей від мінералогічного складу поступово стає менш помітною. Це обумовлено тим, що частинки породи зазвичай покриті плівкою води, значення якої мізерне в крупноуламкових породах і зростає зі зменшенням розмірів частинок.

Перш ніж перейти до розгляду методів гранулометричного аналізу, передбачених програмою курсу, розглянемо основні фракції та їх характеристику.

ОСНОВНІ ФРАКЦІЇ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Рихлі гірські породи складаються з часток різного діаметра: від часток мікрона до декількох сотень міліметрів. Зернам різних розмірів, що складають породу, притаманні певні фізичні та водні властивості. У рихлих породах можна виділити *п'ять основних груп частинок або фракцій*:

Гравійна фракція: діаметр частинок від 2 до 10 мм, найбільш поширена у прибережних мілководних частинах водних басейнів, серед флювіогляціальних утворень, на річкових терасах, у долинах гірських річок та тимчасових водотоків. Має високу водопроникність, повну водовіддачу і не змінює свого об'єму при зміні ступеня вологості. Капілярні сили у гравійній фракції не виявляються.

Піщана фракція: діаметр частинок від 2 до 0,1 мм. Розрізняють грубопіщану фракцію, діаметр якої знаходиться в межах від 2 до 1 мм, великопіщану фракцію – від 1 до 0,5 мм, середньо піщану фракцію – від 0,5 до 0,25 мм, і дрібнопіщану фракцію діаметром від 0,25 до 0,1 мм.

Ці фракції мають високу водопроникність і водовіддачу, що зменшуються зі зменшенням діаметра частинок. При зміні зволоження піщана фракція не змінює об'єму, тобто не вбирає воду і не зсихається. Цій фракції властивий прояв капілярних сил. Окрім того, величина капілярного підняття збільшується із зменшенням діаметра частинок.

Пилувата фракція: діаметр частинок від 0,1 до 0,005 мм. Вони можуть відкладатися в річках при дуже повільній течії, у затоках, озерах, морях та океанах (за відсутності сильних течій). Розрізняють великий пил, діаметр частинок якого знаходиться в межах від 0,1 до 0,05 мм, і дрібний пил розміром від 0,05 до 0,005 мм.

Пилувата фракція має незначну водопроникність і слабку водовіддачу. При зволоженні слабо набухає, набуває зв'язності. При насиченні водою легко переходить у плавучий стан. Величина капілярного підняття вимірюється десятками та сотнями сантиметрів.

Глиниста фракція: діаметр частинок від 0,005 до 0,0001 мм. Являє собою тонкодисперсні частинки, відкладення яких може відбуватися або в руслах річок у застійних умовах, на дні глибоких озер, морів, океанів, або шляхом вивітрювання корінних магматичних або осадових порід. Глинисті частинки пов'язані між собою поверхневими силами взаємного тяжіння і складними водно-колоїдними зв'язками і енергетично взаємодіють з водою: при зволоженні сильно набухають і мають різний ступінь пластичності. Висота капілярного підняття може досягати кількох сотень сантиметрів.

Колоїдно-дисперсні частинки діаметром менше 0,0001 мм знаходяться головним чином у глинистих породах, зумовлюють високу адсорбційну здатність порід, активність протікаючих у них процесів іонного обміну і високий ступінь набухання у воді. Мінеральні колоїди (частинки глини, колоїдного кремнезему, гідрату окису заліза та ін), видимі в мікроскоп тільки при великому збільшенні, проходять через звичайні фільтри та у присутності електролітів у воді коагулюють, переходячи у твердий стан. Колоїди мають здатність до поглинання катіонів з розчину солей. Якщо колоїди насичені основами, то вони можуть вступати в реакції іонного обміну, змінюючи фізичні та водні властивості гірської породи. Віддаючи, наприклад, поглинений натрій і натомість його поглинаючи еквівалентну кількість кальцію, колоїди сприяють підвищенню родючості породи і підвищенню її водопроникності. Навпаки, заміщення кальцію натрієм сприяють поглинанню води глинистими породами, збільшенням їх в'язкості та зменшенням водопроникності.

Рихлі гірські породи надзвичайно рідко являють собою скупчення будь-якої однієї фракції. Зазвичай всі основні фракції перебувають у гірській породі в тих чи інших співвідношеннях. Тому фізико-механічні та водні властивості рихлих гірських порід залежать від співвідношення в них основних фракцій відповідно до розглянутих особливостей кожної фракції.

Визначення розмірів зерен і частинок та їх співвідношення у рихлих гірських породах має велике наукове та практичне значення. Ці визначення допомагають з'ясувати фізико-геологічні умови формування водоносних

гірських порід, що використовуються при гідрогеологічних розрахунках, пов'язаних з рухом підземних вод, знаходять застосування при доборі фільтрів і, нарешті, служать класифікаційною ознакою для систематизації рихлих гірських порід.

При дослідженні фізико-механічних властивостей рихлих гірських порід проводиться аналіз їхнього гранулометричного складу.

ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД РИХЛИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД І МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ

Під гранулометричним (механічним) складом рихлих гірських порід розуміється відсотковий вміст у породі груп частинок (фракцій) різних розмірів, узятих по відношенню до ваги абсолютно сухої породи (Ломтадзе, 1972). Сутність гранулометричного аналізу полягає у поділі рихлої гірської породи на складові за величиною частинок, починаючи від найбільших. Розмір часток, що складають породу, зазвичай виражають в міліметрах.

В даний час існує багато методів гранулометричного аналізу, з яких найчастіше застосовуються поділяються на прямі та непрямі.

Прямими методами називають такі методи, які дозволяють безпосередньо виділити необхідні фракції і визначити їх процентний зміст.

Непрямі методи засновані на використанні таких властивостей породи, зміна яких дозволяє судити про вміст тих чи інших фракцій, не виділяючи їх з породи. До прямих методів відносяться ситовий, піпетковий, Сабаніна та інші. До непрямих – візуальний, ареометричний, Рутковського.

Найбільш простим визначенням гранулометричного складу є *просіювання рихлої породи через набір стандартних сит*. Однак таке визначення має свою межу за величиною мінімального розміру фракцій через кінцеву тонкість ситової тканини (зазвичай 0,1 мм) і через труднощі поділу в сухому вигляді агрегатів дрібних фракцій на окремі зерна. Тому повний аналіз піщано-глинистих порід розпадається на дві окремі операції (або два окремих аналізу).

Визначення відсоткового вмісту у породі зерен з частинками, розміром більше 0,1 мм, шляхом просіювання через стандартний набір сит (*ситовий аналіз*).

Визначення процентного вмісту у породі частинок, розміром менше 0,1 мм, здійснюється шляхом вимірювання швидкості їх осадження у воді (*піпетковий аналіз*).

Перша з описаних операцій не викликає жодних принципових труднощів. Для другої операції ґрунт повинен бути передусім підготовлений: промитий, підданий тривалому кип'ятінню і розтертий у воді для роз'єднання дрібних злиплих частинок (агрегатів). Ця операція носить назву *диспергування*. Водне середовище, в якому зважені глинисті частинки, називається *дисперсійним середовищем*, а самі тверді частинки, змочені у воді (видимі та невидимі простим оком) *суспензією*. Іноді для кращого диспергування ґрунту до суспензованого розчину доводиться додавати деяку кількість аміаку.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. СИТОВИЙ МЕТОД

Ситовий аналіз, що є основним методом визначення гранулометричного складу піщаних порід, проводиться за допомогою спеціального набору сит зі штампованими отворами 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм (іноді стандартний набір сит закінчується отворами 0,25 мм). Сита збираються в колону так, щоб отвори їх зменшувалися зверху донизу. На верхнє сито надягають кришку (а), а під нижнє сито підставляють піддон (б) (рис.1).

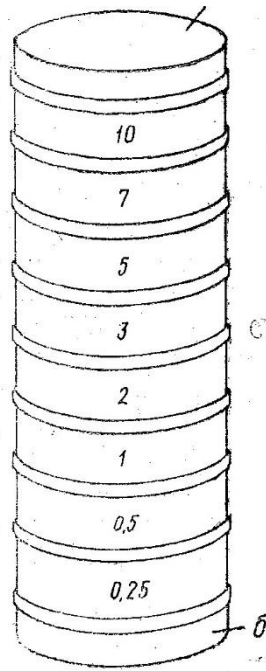


Рис. 1. Набір сит для гранулометричного аналізу

Необхідне обладнання: набір стандартних сит; технічні ваги з різновагами; фарфорові чашки; фарфорова ступка і товчач з резиновим наконечником; ложка чи совок; аркуш паперу.

Підготовка проби та проведення аналізу

1. Довести пробу рихлої породи до повітряно-сухого стану. Для цього її розсипати тонким шаром на аркуші паперу та залишити на повітрі на 1-2 доби. (У навчальній лабораторії проби, як правило вже повітряно-сухі).

2. Взяти середню пробу квартування. Для цього породу ретельно перемішати, розсипати тонким шаром і розділити шпателем або зворотним кінцем ложки, або совка двома взаємноперпендикулярними лініями на чотири рівні частини (квадранти). Два, протилежних квадранта залишити як скорочені проби, а два інших видалити. Таке квартування проби проводити до тих пір, поки на аркуші паперу не залишиться необхідна для аналізу вага проби:

- а) для порід, що не містять частинок більше 2 мм – 200 г;
- б) для порід, що містять частинки більше 2 мм до 10% – 500 г;
- в) для порід, що містять частинки більше 2 мм від 10 до 30% – 200 г, при більшому вмісті – 300 г.

3. Породу, що складається із злиплих агрегатних грудочок, розтерти у фарфоровій ступці товкачем з гумовим наконечником. Розтирати пробу слід обережно, щоб уникнути руйнування окремих зерен.

4. Відібрану пробу породи зважити на технічних терезах з точністю до 0,01 г і загальну вагу її записати в табл. 1.

Таблиця 1

Визначення гранулометричного складу проби ситовим методом (проба №)

Дата	Наважка, г	Показники	Фракції, мм									
			> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
		Вага фарфорової чашки (тари) з фракцією, г										
		Вага фракції, г										
		Вміст фракції,%										
		Сумарний вміст фракції,%										

5. Зважену пробу просіяти через колону сит за допомогою легких бічних ударів долонями рук до повного сортування частинок породи в ситах на фракції. Для перевірки повного розділу проби на фракції взяти кожне сито (починаючи із 3 мм) і просіяти над аркушем паперу. Частинки породи, що пройшли через сито, всипати в сито з фракцією, що нижче лежить, а взяте сито помістити в колону сит і продовжувати сортування.

6. Кожну фракцію, що залишилася на ситі та в піддоні, зібрати у попередньо зважену порцелянову чашку, зважити на технічних вагах, з точністю до 0,01 г, і обчислити чисту вагу кожної фракції.

В результаті просіювання на ситах залишаються наступні фракції (табл. 2).

Таблиця 2

На ситі з отворами, мм	Фракції, мм	На ситі з отворами, мм	Фракції, мм
10	> 10	1	2-1
7	10-7	0,5	1-0,5
5	7-5	0,25	0,5-0,25
3	5-3	в піддоні	менше 0,25
2	3-2		

7. Обчислити процентний зміст кожної фракції за формулою

$$X = \frac{A}{B} \cdot 100\% \quad (1)$$

де X – вміст фракції в породі; A – вага фракції, г; B – загальна вага наважки, г

Дані аналізу занести до табл. 1.1.

Підрахувати похибку аналізу (Δ). Для цього скласти вагу окремих фракцій і порівняти отриману суму з початковою вагою наважки, взятої для аналізу. Розрахунок зробити за формулою

$$\Delta = \frac{B-F}{B} \cdot 100\% \quad (2)$$

де A – похибка аналізу, %; B – загальна вага наважки, г; F – сумарний вміст фракцій, г.

Похибка аналізу не має перевищувати 1%. В іншому випадку аналіз слід повторити.

9. При дослідженні глинистих пісків відібрати середню пробу на гранулометричний аналіз, як зазначено в п. 2, зважити її, помістити в порцелянову чашку і відмити від глинистих і пилових частинок. Для цього пісок у фарфоровій чашці залити водою та розтерти товкачем з гумовим наконечником. Після деякого відстоювання (приблизно 60 с) воду зі зваженими в ній пилювато-глинистими частинками обережно злити. Промити пробу до повного освітлення води. Промитий пісок висушити, зважити і провести аналіз, як зазначено у п. 5 та 6.

10. Результати аналізу глинистих пісків обчислювати так само, як у п. 7. Вміст фракцій менше 0,1 мм обчислити за різниці між загальним наваженням у грамах та сумою ваги усіх фракцій більше 0,1 мм.

11. Якщо фракцій діаметром менше 0,1 мм міститься в пробі більше 10% (за вагою), то гранулометричний аналіз слід продовжити піпетковим методом, для виділення цих дрібних фракцій.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. ПІПЕТКОВИЙ МЕТОД

Піпетковий метод застосовується для визначення гранулометричного складу дрібнопіщаних і, головним чином, глинистих порід. Як уже зазначалося, він може застосовуватися і в комбінації з ситовим методом, за наявності в породі фракцій більше 0,1 мм.

Піпетковим методом визначають у породі фракції діаметром понад 0,1; та менше 0,001 мм.

Сутність цього методу полягає у поділі породи на фракції за різною швидкістю падіння частинок у воді. Швидкість падіння частинок у воді визначається за формулою Стокса:

$$v = \frac{2}{9} g r^2 \frac{\gamma - \gamma_w}{\eta}, \quad (3)$$

де v – швидкість падіння частинок у воді, см/с; g – прискорення сили тяжіння, см/с²; r – радіус частинок, мм; γ – питома вага частинок, г/см³; γ_w – питома вага води, г/см³; η – в'язкість води, Пуаз.

Необхідне обладнання та матеріали: аналітичні ваги з рівновагами; технічні ваги з рівновагами; сушильна шафа; циліндр ємністю 1200-1300 см³, висотою 45 см, діаметром 6 см; піпетка конструкції Захарьєва ємністю 25 см³, конічна колба ємністю 250 см³ із зворотним холодильником; фарфорова чашка діаметром 16 см; фарфорова ступка та маточка з гумовим наконечником; бюкси; сито з отворами 0,1 мм; піщана чи водяна баня; промивальник або гумова груша; мішалка; ексикатор, секундомір; термометр; розчин 25% аміаку; аркуш паперу; штатив.

Піпетка конструкції Захарьєва, що використовується в цьому методі для взяття проб суспензії, має наступні конструктивні особливості: два потовщення – циліндричне (1) і кулеподібне (2) – і дві відвідні трубки (3, 4). Відвідна трубка (4) через шланг з'єднується з гумовою грушою. Над циліндричним потовщенням (1) є триходовий скляний кран (5), а над кулеподібним потовщенням (2) –

двоходовий кран (6) і воронка (8) для промивання піпетки водою. Нижній кінець піпетки запаяний, але з боків є отвори (7) (рис. 2).

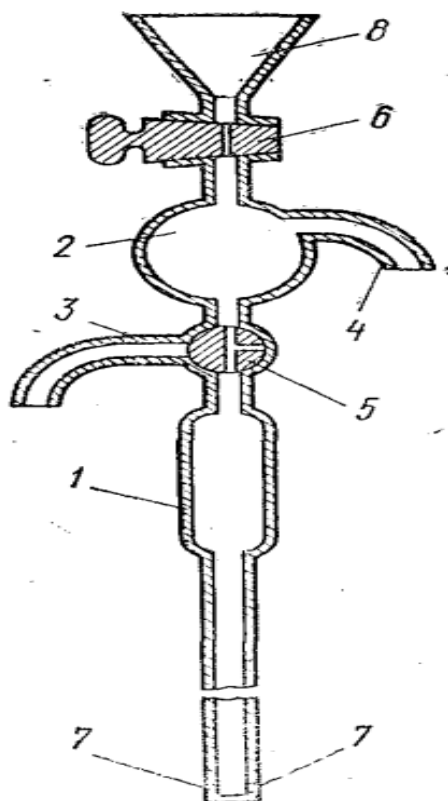


Рис. 2. Піпетка конструкції Захарьєва

Щоб взяти пробу, нижній кінець піпетки слід занурити у циліндр із суспензією на відповідну глибину. Двоходовий (6) кран перекрити, а триходовий кран (5) поставити в положення (рис. 3), стиснути гумову глушу, а кран (5) поставити в положення II. Після того як всмоктувальна суспензія заповнить піпетку вище крана (5), кран повернути в положення I, а піпетку вийняти із суспензії. Зайву суспензію, розташовану вище крана (5), видути за допомогою гумової груші через відповідну трубку (3), а всю суспензію, що залишилася в піпетці, вилити в попередньо зважений бюкс, при цьому кран (5) встановити в положення III.

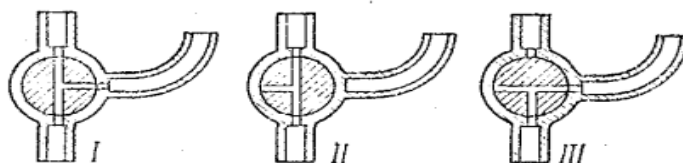


Рис. 3. Робочі положення крана 5 піпетки:

I – під час підготовки піпетки для взяття проби; II – при всмоктуванні суспензії; III – при зливанні суспензії

Підготовка проби та проведення аналізу

1. Помістити 200-300 г аналізованої породи у фарфорову ступку і розтерти товкачем з гумовим наконечником для руйнування структурних агрегатів.

2. Розтерту породу висушити до повітряно-сухого стану і просіяти через сито 0,25 мм, зважити на технічних терезах з точністю до 0,01 г і визначити процентний вміст фракцій більше 0,25 мм. За наявності у породі значної кількості великих фракцій зробити ситовий аналіз.

3. З просіяного крізь сито 0,25 мм дрібнозему взяти на аналітичних вагах наважку породи з розрахунку на абсолютно-суху вагу, для глин – близько 10 г, для суглинків – 15 г, для супіщаних і піщаних порід 20-40 г. Одночасно взяти другу наважку 5-10 г для визначення гігроскопічної вологості.

4. Аналізовану наважку перенести в конічну колбу із зворотним холодильником, залити десятикратною, по відношенню до наважки, кількістю дистильованої води, додати 1 см³ аміаку і кип'ятити протягом години на піщаній або водяній бані.

5. Охолоджену суспензію ретельно, щоб на стінках колби не залишилося частинок, перенести на сито 0,25 мм, попередньо змочене і поставлене у велику порцелянову чашку. Налити в чашку таку кількість води, щоб рівень її був вище дна сита, і обережно розтерти пальцем осад, піднімаючи сито з води і знову опускаючи його. Цю операцію слід проводити до тих пір, поки із сита не витікатиме чиста вода, а в осаді залишаться тільки піщані фракції.

6. Суспензію, що пройшла через сито 0,25 мм, зливають в циліндр, доливають до літрової мітки води. У цьому підготовка суспензії для подальшого аналізу завершується.

7. Піщані фракції, що залишилися на ситі 0,25 мм, злити в попередньо зважену фарфорову чашку, злити після відстоювання надлишок води, висушити осад і просіяти через набір сит. Кожну фракцію зважити на технічних вагах та обчислити її процентний вміст у породі за формулою

$$X = A \cdot \frac{c}{b} \quad (4)$$

де A – вага фракції, г; c – сумарний відсотковий вміст фракцій, взятих на аналіз. Якщо не було окремо ситового аналізу, то $c = 100\%$; якщо був ситовий аналіз, а для піпеткового аналізу взята фракція менше 0,25 мм, то 100% мінус сумарний процентний вміст фракцій більше 0,25 мм; b – вага наважки, перерахованої на абсолютно-сухий стан породи, г.

Гігроскопічну вологість обчислити за формулою

$$W = \frac{g_2 - g_3}{g_3 - g_1} \cdot 100, \quad (5)$$

де W – гігроскопічна вологість, %; g_1 – вага бюкса, г; g_2 – вага бюкса з вологою наважкою, г; g_3 – вага бюкса з висушеною до постійної ваги наважкою, г. Зважування проводити на аналітичних вагах, вологість обчислити з точністю до 0,1 %.

Перерахунок ваги наважки, взятої на піпетковий аналіз, на абсолютно-суху вагу зробити за формулою:

$$b = \frac{B \cdot 100}{100 + W}, \quad (6)$$

де b – вага наважки породи в абсолютно-сухому стані, г; B – вага наважки породи в повітряно-сухому стані, г; W – гігроскопічна вологість, %.

8. Виміряти температуру суспензії в циліндрі, збовтати суспензію мішалкою до повного зникнення осаду на дні і дати спокій на час, зазначений у табл. 2.1.

9. Після закінчення зазначеного терміну обережно, не збовтуючи суспензії, опустити нижній кінець піпетки в циліндр на глибину 10 см і відібрати першу пробу з частинками діаметром менше 0,05 мм. Частинки більші за 0,05 мм за цей час встигають осісти.

10. Суспензію з піпетки злити у попередньо зважений бюкс, промити піпетку і злити вміст у цей же бюкс (Промивати піпетку слід після взяття кожної проби). Породу випарити, осад висушити і зважити на аналітичних вагах,

попередньо охолодивши його в ексикаторі. Відсотковий вміст фракцій < 0,05 мм обчислити за формулами:

$$A = \frac{aV}{V_1}, \quad X = \frac{Ac}{b}, \quad X = \frac{aVc}{bV_1}, \quad (7)$$

де А – вага частинок діаметром менше 0,05 мм у всьому обсязі суспензії, г; а – вага частинок діаметром менше 0,05 мм в об'ємі піпетки (вага висушеної проби), г; V – об'єм суспензії в циліндрі, см³; V₁ – об'єм суспензії в піпетці, см³; X – відсотковий вміст у породі частинок діаметром менше 0,05 мм; с – сумарний відсотковий вміст фракцій, взятих на аналіз (якщо не було окремо ситового аналізу то с = 100%, п.7) В – вага наважки, взятої для піпеткового аналізу, перерахована на абсолютно-суху вагу, г.

11. Вимірявши температуру суспензії в циліндрі, знову її взбавтати, як зазначено в п. 8, і дати спокій на час (див. табл. 3).

Таблиця 3

Час відстоювання суспензії (за Ломтадзе, 1972 р.)

Проба фракції	Температура, °С				
	10	12	15	17	20
Перша (< 0,05 мм)	58с	55с	50с	48с	45с
Друга (< 0,01 мм)	24 хв 18 с	22 хв 59 с	22 хв 14 с	20 хв 9 с	18 хв 44 с
Третя (< 0,002 мм)	5 год 3 хв	4 год 47 хв	4 год 25 хв	4 год 12 хв	3 год 54 хв
Четверта (< 0,001 мм)	20 год 5 хв	19 год 9 хв	17 год 42 хв	16 год 48 хв	15 год 36 хв

12. Після закінчення зазначеного часу з глибини також 10 см відібрати піпеткою другу пробу, що містить фракції менше 0,01 мм, злити в попередньо зважений бюкс, випарити, висушити, зважити на аналітичних вагах і розрахувати відсотковий вміст фракції за формулами, зазначеними в п.10.

13. Таким же чином, але з глибини, 5 см, відібрати третю пробу і визначити відсотковий вміст фракції менше 0,002 мм, а потім четверту пробу – відсотковий вміст фракцій менше 0,001 мм, дотримуючись часу відстоювання суспензії після замулення, як зазначено в табл. 2.1.

14. Обчислити вміст в породі фракцій 0,05-0,01; 0,01; 0,02; 0,002-0,001; і менше 0,001 мм в такий спосіб:

а) фракції 0,05-0,01 мм по різниці між відсотковим вмістом фракцій менше 0,01 мм і менше 0,002 мм, тобто по відмінності першої і другої проби;

б) фракції 0,01-0,002 мм – по різниці між відсотковим вмістом фракцій менше 0,01 мм і менше 0,002 мм, тобто по різниці другої і третьої проб;

в) фракції діаметром 0,002-0,001 мм – по різниці між третьою (менше 0,002 мм) і четвертою (менше 0,001 мм) пробами;

г) фракції менше 0,001 мм відповідають відсотковому вмісту четвертої проби.

15. Обчислити фракції 0,25-0,05 мм по різниці між 100% і сумою відсотків усіх фракцій, що залишилися на ситі з отворами 0,25 мм і визначених піпетковим методом, і фракції менше 0,25 мм – відсотковий вміст частинок, що залишилися на ситі з отворами 0,25 мм (див. п. 7).

16. Всі дані аналізу записати в табл. 4.

Таблиця 4

Дата	Наважка, г	Гігроскопічна вологість, %	Вага абсолютно сухої наважки, г	Номер цилінда	Об'єм суспензії, см ³	Об'єм піпетки, см ³	Показники		Фракції, мм									
							Данні аналізу					Дані розрахунку						
							> 0,25	< 0,05	< 0,01	< 0,002	< 0,001	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,002	0,002 – 0,001	< 0,001		
							Номер і вага сухого бюкса											
							Вага бюкса з сухою пробою											
							Вага фракції в обсязі піпетки (а)											
							Вага фракції в обсязі суспензії (А)											
							Вміст кожної фракції, %;											
							Сумарний вміст фракції, %.											

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. АРЕОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД

Гранулометричні аналізи порід (метод Робінзона, Сабаніна), засновані на відборі з водного розчину проб через відомі проміжки часу з подальшим визначенням сухого залишку шляхом випарювання і зважування, доволі тривалі, трудомісткі і вимагають великої кількості дистильованої води.

Ареометричний метод гранулометричного аналізу найбільш простий і позбавлений цих недоліків. Тому він широко застосовується в лабораторних практиках. Ареометричним методом визначають вміст в рихлій гірській породі фракцій діаметром менше 0,25 мм. Вміст фракцій крупніше 0,25 мм визначають ситовим методом.

Ареометр, що застосовується для гранулометричного аналізу, являє собою запаяну скляну трубку з розширеним нижнім кінцем (цибулина) і верхньою вузкою частиною, яку називають стержнем (рис. 4).

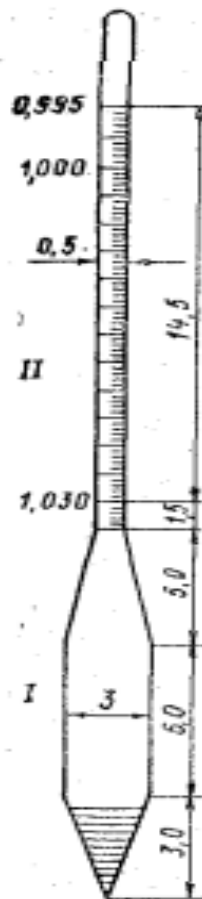


Рис. 4. Схема ареометра I - цибулина; II – стержень

Ареометр розрахований для вимірювання щільності рідини від 0,995 до 1,030. Поділки на стержні нанесені з точністю до 0,001. Для зручності роботи з ареометром відлік спрощують: відкидають одиницю, а кому переносять на три знака вправо. Наприклад, замість поділки 1,0245 записують 24,5. На заводах ареометри градують по нижньому краю меніска. Але так як досліджувана суспензія породи непрозора, то поділки під час аналізу беруть по верхньому краю меніска і враховують поправку на його висоту (рис. 4).

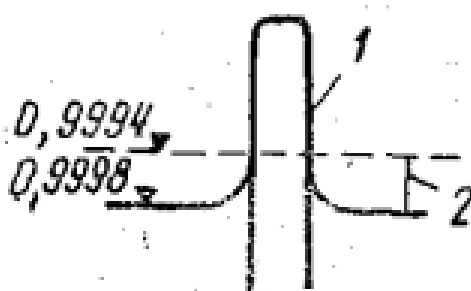


Рис. 4. Визначення висоти меніска при вимірюванні щільності суспензії ареометром. 1 - стержень ареометра; 2 - висота меніска

Поправка визначається один раз для кожного ареометра занурюючи його в дистильовану воду при температурі градування, тобто при 20°C. Наприклад, відлік по нижньому краю меніска 0,9998, по верхньому краю 0,9994, висота меніска $0,9998 - 0,9994 = 0,0004$. Так само, як при спрощеному відліку по ареометру помножити на 1000 і отримати поправку на меніск $D = 0,4$. Якщо при аналізі температура суспензії більше або менше 20 °С, вводять також в показання ареометра поправку на температуру. Вона визначається або на номограмі – за шкалою температурних поправок, або по табл. 5.

Необхідне обладнання: ареометр; циліндр ємністю 1200-1300 см³; висотою 45 см, діаметром 6 см; технічні ваги з важками; аналітичні ваги з важками; піщана або водяна баня; порцелянова чашка; бюкси; колба ємністю 250 см³ зі зворотним холодильником; ступка з товчачиком; мішалка; термометр з точністю поділок до 0,5°C, промивалка або резинова груша; секундомір; розчин 25% аміаку; номограмма для обчислення діаметра частинок.

Температурні поправки до ареометру

Температура суспензії, ° С	Поправки до відліку по ареометру	Температура суспензії, ° С	Поправки до відліку по ареометру
10,0	— 1,2	20,0	0,0
10,5	— 1,2	20,5	+0,1
11,0	— 1,2	21,0	+0,2
11,5	— 1,1	21,5	+0,3
12,0	— 1,1	22,0	+0,4
12,5	— 1,0	22,5	+0,5
13,0	— 1,0	23,0	+0,6
13,5	— 0,9	23,5	+0,7
14,0	— 0,9	24,0	+0,8
14,5	— 0,9	24,5	+0,9
15,0	— 0,8	25,0	+ 1,0
15,5	— 0,8	25,5	+1,1
16,0	— 0,8	26,0	+ 1,3
16,5	— 0,7	26,5	+ 1,4
17,0	— 0,6	27,0	+ 1,5
17,5	— 0,6	27,5	+ 1,6
18,0	— 0,5	28,0	+ 1,8
18,5	— 0,4	28,5	+ 1,9
19,0	— 0,3	29,0	+2,1
19,5	— 0,3	29,5	+2,2
	— 0,2	30,0	+2,3
	— 0,1		

Підготовка проби і проведення аналізу

1. Ареометричний метод, так само як і піпетковий, при наявності в породи значної кількості фракцій більше 0,25 мм., використовується в комбінації з ситовим методом. Тому підготовка зразка до аналізу проводиться так само, як в піпетковому методі (див. п. 1-7).

2. Приготувати суспензію для аналізу, об'ємом 1 л, взявши наважку на гігроскопічну вологість і перерахувавши вагу сухої проби на її абсолютно-суху вагу, можна вважати підготовку проби закінченою і приступити до проведення ареометричного аналізу.

3. Збовтати суспензію мішалкою в циліндрі до повного зникнення на дні осаду, зафіксувати час (це буде часом початку аналізу) і записати його в журнал (табл. 6, табл. 7).

Визначення гранулометричного складу порід

Дата	Наважка, г	Вологість %	Вага абсолютно-сухої породи, г	Час заміру (год., хв.)	Час відстоювання від початку досліду	Спрощений відлік по ареометру
	B	W	$b = \frac{B100}{100+W}$	t	T	Ro
18/10	35	3	33	9 год. 40 хв 9 год. 40 хв 30с 9 год. 42 хв 9 год. 45 хв 9 год. 55 хв 10 год. 10 хв 10 год. 40 хв 11 год. 10 хв 12 год. 40 хв 15 год. 40 хв	30 с 1 хв 2 хв 5 хв 15 хв 30 хв 1 год 1 год 30 хв 3 год 6 год	24,5 23,7 22,5 19,6 11,6 6,8 3,6 2,2 1,2 0,8

4. Обережно опустити в суспензію ареометр не торкаючись ним стінок циліндра. Через певні проміжки часу (30 с, 1 хв, 2 хв, 5 хв, 30 хв, 1 год, 1,5 год, 3 год, 6 год, 24 год) взяти спрощенні відліки R_0 за шкалою ареометра і записати в журнал. Час кожного разу відраховувати від початку досліду.

5. Відлік через 30 с, 1 хв, 2 хв. проводити не виймаючи ареометра з суспензії. Надалі його обережно кожен раз виймати, обмивати дистильованою водою і насухо витирати. Причому опускати ареометр в суспензію слід за 5-10 с. До початку вимірювання, трохи глибше попереднього.

6. Виміряти температуру суспензії з точністю до $0,5^\circ \text{C}$. Протягом перших п'яти відліків по ареометру – один раз, в подальшому – після кожного вимірювання.

7. Провести остаточні відліки по ареометру R з урахуванням поправки на висоту меніска D і температури ($\pm m$).

8. Швидкість осадження частинок в рідині визначити по формулі (8), а діаметр частинок дорівнює $d = \sqrt{A v}$

Визначення гранулометричного складу порід

Спрощений відлік з поправкою на меніск	Температура суспензії °С	Температурна поправка	Кінцевий звіт по аеометру	Діаметр часток по номограмі	Вміст фракцій менше визначеного діаметра, %	Діаметр частинок кожної фракції, мм	Вміст кожної фракції в породі, %	Результати графічно ч визначенні (по кривій гран. складу)	
								фракції, мм	Склад фракцій, %
Ro + D	°С	± m	R= (Ro+ +D±m)	d	X=R $(\frac{\gamma}{\gamma-1} \cdot \frac{c}{b})$				
24,9	16	-0,6	24,3	0,070	97,8	0,070-0,051	3,2	>10	-
24,1	16	-0,6	23,5	0,051	94,6	0,051-0,037	4,8	10-7	-
22,9	16	-0,6	22,3	0,037	89,8	0,037-0,024	11,7	7 – 5	-
20,0	16	-0,6	19,4	0,024	78,1	0,021-0,015	32,2	5 – 3	-
12,0	16	-0,6	11,4	0,015	45,9	0,015-0,011	18,9	3 - 2	-
7,2	17	-0,5	6,7	0,011	27,0	0,011—0,008	13,9	2 - 1	-
4,0	17	-0,5	3,5	0,008	14,1	0,008-0,006	5,6	1-0,5	1,20
2,6	17	-0,5	2,1	0,006	8,5	0,006—0,004	3,3	0,5-0,25	2,10
1,6	18	-0,3	1,3	0,004	5,2	0,004—0,002	3,6	0,25-0,05	4,30
1,2	15	-0,8	0,4	0,002	1,6	<0,002	1,6	0,05-0,01	68,40
								0,01-0,005	10,70
								0,005-0,001	3,60
								<0,001	9,70

$$A = \frac{\eta \cdot 1800}{g(\gamma - \gamma_w)}; v = \frac{H}{t}, \quad (8)$$

де H – шлях частинок, см; t – час падіння частинок, с; η – в'язкість води, пз; γ – питома вага породи, г / см³; γ_w – питома вага води, г / см³.

Ця залежність лягла в основу побудови номограми для розрахунку діаметра частинок (рис. 5).

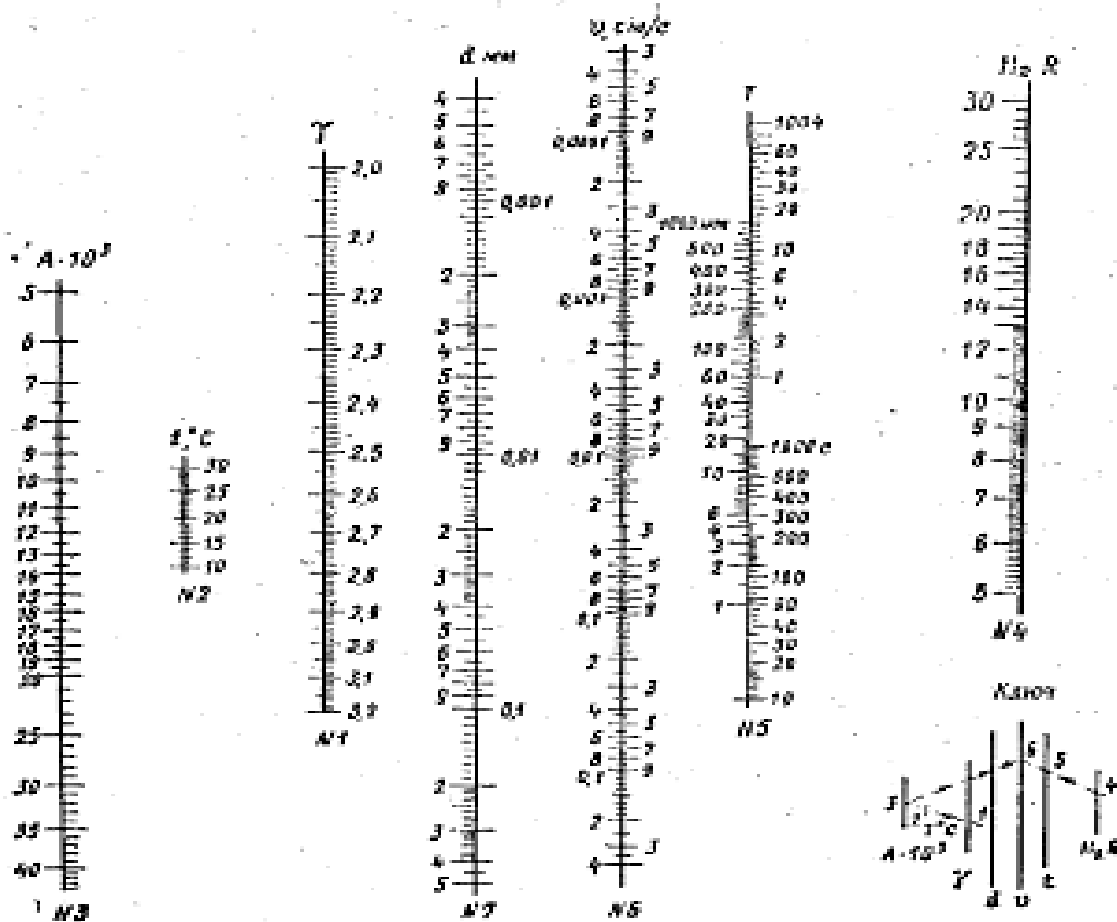


Рис. 5. Номограма для обчислення діаметра частинок при гранулометричному аналізі ареометричним методом.

На спеціальних шкалах номограми показані всі величини, що входять в зазначену формулу: на шкалі № 1 – питома вага породи γ ; на шкалі № 2 – температура суспензії t °; на шкалі № 3 – $A \cdot 10^3$; на шкалі № 4 на правій стороні – кінцеві відліки по ареометру R , тобто, від 0,995 до 1,030; на лівій – значення величини H_R , які при виконанні аналізу не враховуються, а використовуються

тільки для таврування ареометра; на шкалі № 5 – час відліку по ареометру хв., також час відстоювання суспензії від початку досліду; на шкалі № 6 – швидкість падіння частинок у воді v , см/с. На шкалі № 7 – діаметр частинок породи d , мм.

9. Вирахувати діаметр частинок, користуючись номограмою і ключом до неї. Для цього докласти лінійку до шкали № 1 в точці, що відповідає питомій вазі досліджуваної породи, і до шкали № 2 в точці, яка б показала температуру суспензії, на перетині цієї лінії зі шкалою № 3 отримати значення $A \cdot 10^3$. Прикласти лінійку до шкали № 4 (права сторона) в точці, відповідній кінцевого відліку ареометра, і за шкалою № 5 в точці, яка б показала час даного виміру. Перетин цієї лінії зі шкалою № 6 дасть величину швидкості падіння частинок. Поєднавши отримані точки на шкалах № 3 і № 6, на перетині зі шкалою № 7, отримати шуканий діаметр частинок для даного виміру.

Приклад розрахунку по номограмі

Питома вага породи $\gamma = 2,75$. Температура суспензії $t^\circ = 17^\circ \text{C}$. Час, що минув від початку аналізу, 30 хв. Спрощений відлік по ареометру $R_0 = 6,8$. Поправка на температуру (17°C) $t = -0,5$; поправка на висоту меніска $\xi = 0,4$. Остаточний відлік по ареометру $R = R_0 \pm t + \xi = 6,8 + (-0,5) + 0,4 = 6,7$. Прикладаємо лінійку до шкали № 1 в точці 2,75 і до шкалою № 2 в точці 17°C , читаємо на шкалі № 3 значення $A \cdot 10^3$, рівне 13,2. Прикладаємо лінійку до шкали № 4 в точці 6,7, до шкалою № 5 в точці 30 хв і читаємо на шкалі № 6 значення, рівне 0,0037 см/с. Поєднавши точку 13,2 на шкалі № 3 і точку 0,0037 на шкалі № 6, на перетині лінійки зі шкалою № 7, читаємо шуканий діаметр частинок для даного виміру. Таким же чином отримані значення діаметрів і для всіх інших замірів. Всі результати записують в табл. 6, 7.

10. Вирахувати відсотковий вміст частинок, що відповідають кожному виміру за формулою

$$X=R \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \cdot \frac{c}{b} \right), \quad (9)$$

де X – відсотковий сумарний вміст фракцій менше певного діаметра; R – кінцевий відлік по ареометру; V – питома вага досліджуваної породи;

C – відсотковий вміст частинок діаметром менше 0,25 мм, визначених ситовим методом (якщо частинок діаметром менше 0,25 мм в породі немає, то C дорівнює 100%); b – вага абсолютно-сухої наважки, взятої для ареометричного аналізу.

Приклад розрахунку. Фракцій діаметром крупніше 0,25 мм в досліджуваній породі 10%, а фракцій менш 0,25 мм – 90% (C = 90%). Питома вага породи дорівнює 2,75. Навішування b дорівнює 40 г. Кінцевий відлік по ареометру R дорівнює 6,5. Підставляючи отримані результати в вищенаведену формулу, отримаємо:

$$X = \left(\frac{2,75}{2,75 - 1} \cdot \frac{90}{40} \right) 6,5 = 14,6\% . \quad (10)$$

11. Обчислити відсотковий вміст окремих фракцій (див. табл. 7), так як у наведеній вище формулі визначається не відсотковий вміст окремих фракцій, а вміст фракцій за сукупністю, починаючи з самої дрібної.

12. Побудувати криву гранулометричного складу по результатам ареометричного методу в напівлогарифмічному масштабі.

13. Використовуючи криву гранулометричного складу, покажіть результати ареометричного аналізу у вигляді таблиці відсоткового вмісту частинок за загальноприйнятими фракціям (див. табл. 7).

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. ВІЗУАЛЬНИЙ МЕТОД

При масових визначеннях для попередньої оцінки гранулометричного складу порід застосовується візуальний метод (Метод Філатова). Перевагою його є простота, швидкість визначення і дешевизна. Сутність візуального методу полягає у тому, що, використовуючи деякі фізичні властивості породи (пластичність, ступінь прилипання, консистенцію, тощо.), визначають найменування породи: глина, суглинок, супісок, пісок, гравій, без відсоткового вмісту тих чи інших фракцій.

Проведення аналізу

1. Взяти на долоню невелику кількість досліджуваної породи, розтерти пальцями і розглянути через лупу. Користуючись даними наведеними в табл. 8 (графи 2-4), зробити попередній висновок про гранулометричний склад породи.

2. Використовуючи вказівки, наведені в графах 5-7, дати остаточне найменування породи за графою 1.

Ознаки для визначення гранулометричного типу (за Філатовим)

Породи	Відчуття при розтиранні породи пальцями на долоні руки	Вид розтертої маси породи на долоні, при спотереженні через лупу	Стан сухої породи	Стан вологої породи	Відношення породи до скочування	Інші характеристики
Глина	Дуже важко розтирається	Однорідна тонкопорошкова маса, не містить частинок крупніше 0,25 мм	Тверді грудки не розсипалися від удару молотком в порошок і при тиску рукою	Пластична липка мажуча	Легко скручується в міцний довгий шнур діаметром менше 1 мм. Легко скочуються в	При різанні ножем в сирому стані дають гладку поверхню, на якій не видно
Суглинки	Розтерта на долоні маса не дає відчуття однорідного порошку	Серед переважаючих пилувато-глинистих частинок ясно видно піщані частки крупніше 0,25 мм	Грудки легко розламуються при ударі молотком і при натиску рукою	Пластична	Довгого шнурка не утворюють. При згинанні уворюються тріщини. Скачується в кулю	Такі самі як в глини, але відчувається наявність піщинок
Супіски	Неоднорідний порошок, в якому добре відчувається присутність піска	Переважають піщані частки крупніше 0,25 мм, дрібніші є домішкою	Грудки легко розсипаються від тиску рукою і при розтиранні	Слабо пластична	Скочуються в шнур. Шар утворює тріщини на поверхні і обсипається	При різанні ножем в сирому стані дають шорстку поверхність
Піски	Відчуття піщаної маси	Складається майже вся з зерен піску	Сипучий	Непластичний. При не значному зволоженні має невелику	Не скатується в шнур і шар	—
Гравій	—	Присутність великої к-ті частинок крупніше 2мм, при їх вмісті > 50% отримують назву «гравій»	Сипучий	—	—	—

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗА МЕТОДОМ РУТКОВСЬКОГО

Гранулометричний аналіз за методом Рутковського використовується при масових визначеннях гранулометричного складу рихлих гірських порід. Цей метод дозволяє грубо розділити породу на три основні фракції: глинисту, пиловату і піщану. В основу методу покладено здатність частинок глинистої фракції набрякати у воді і різна швидкість осідання у воді частинок різного розміру: більші частинки осідають швидше, а більш дрібні – повільніше. Для визначення швидкості частинок у воді використовують формулу Стокса, наведену вище. У цьому методі допускається пряма залежність між величиною набрякання і вмістом глинистих частинок в породі. У дійсності ця залежність складніша у зв'язку з тим, що обсяг набряклої у воді породи визначається не тільки кількістю частини цієї фракції, але також їх мінеральним складом і хімічним складом води.

Цей метод застосовується в комбінації з ситовим, при наявності, в породі фракцій більше 1 мм.

Необхідне обладнання: набір сит; технічні ваги з важками; дві градуйовані мензурки ємністю 120-130 см³; висотою 20-25 см, з розподілами через 1 см³; секундомір; скляна паличка з гумовим наконечником; порцелянова ступка і товкач з гумовим наконечником; скляна банка об'ємом 2-3 л; розчин хлористого кальцію (концентрація 5,5 г на 100 см³ води).

Визначення вмісту часток піщаних фракцій діаметром 1-0,05 мм

1. Зразок піщаної породи довести до легко-сухого стану. Якщо в породі є злиплі грудочки, то помістити її в порцелянову ступку і обережно розтерти товкачем з резиновим наконечником.

2. Розтерту породу просіяти через сито з отворами 1 мм.

3. Частина породи, що пройшла через сито з діаметром отворів 1 мм, висипати в мензурку ємністю 120-130 см³, висотою 20-25 см в такій кількості, щоб після ущільнення (постукуванням скляною паличкою з гумовим наконечником об стінки мензурки) загальний обсяг породи склав 10 см³ (Рис. 6).

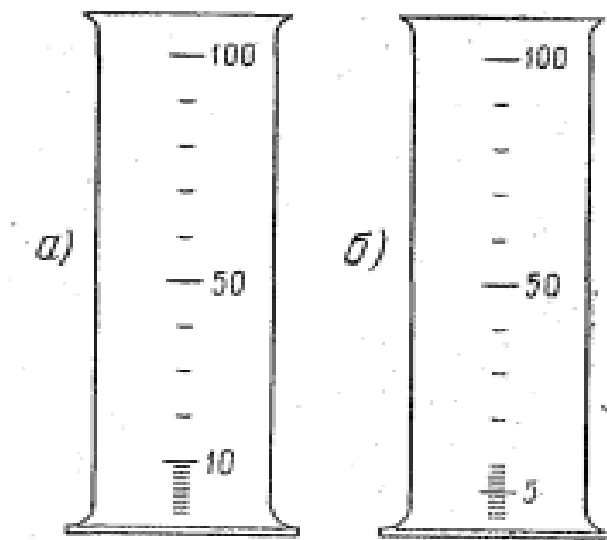


Рис. 6. Градуїзовані мензурки для гранулометричного аналізу методом Рутківського: а -для визначення піщаної фракції; б-глинистої фракції

4. Розпушити породу в мензурці, долити води до ділення 100 см^3 , ретельно розмішати скляною паличкою з гумовим наконечником і залишити відстоюватися на 90 с. Час відзначити по секундоміру.

5. Після закінчення 90 с обережно злити в скляну банку $70-75 \text{ см}^3$ суспензії так, щоб вже осіли на дні частки не піднялися і не опинилися змитими.

6. В суспензію, що залишилася в мензурці, знову долити води до поділки 100 см^3 , скаламутити і злити через 90 с $70-75 \text{ см}^3$. Змочування суспензії проводити до тих пір, поки рідина не стане майже прозорою.

7. Долити в мензурку води до ділення 30 см^3 , скаламутити і через 30 с злити всю рідину над осадом. Цю операцію повторювати неодноразово до повного освітлення рідини.

8. Після закінчення відмулювання долити мензурку водою до 100 см^3 , дати відстоятися і визначити обсяг осілих на дно мензурки фракцій діаметром $1-0,05 \text{ мм}$.

9. Беручи до уваги те, що кожен кубічний сантиметр осілих частин відповідає десяти ваговим відсоткам породи, обчислити кількість досліджуваної фракції, помноживши отриманий обсяг осаду на 10. Результати занести в табл. 9.

Дата	Результати аналізу за методом Рутківського					Результати Ситового аналізу				Гранулометричний склад аналізу проби, %					
	Фракції, мм										Гравій	Пісок		Шил	Глина
	Піщана		Глиняста			Пилова									
Об'єм осаду після відмолування, см ³	%	об'єм осаду після набрякання, см ³	Приріст обсягу на 1 см ³	%	%	> 2	2 – 1	< 1	> 2 мм	2 – 1 мм	1 – 0,05 мм	0,05 – 0,005 мм	< 0,005 мм		
18/10.80	5,6	56	8	0,6	13,6	30,4	8	42	50	8	42	28	15,2	6,8	

Приклад розрахунку. Для визначення змісту фракцій діаметром 1-0,05 мм було насипано в мензурку 10 см³ породи. Після змулення решту обсягу породи склала 5,6 см³. Отже, фракції діаметром 1-0,05 мм в аналізованій пробі складають $5,6 \cdot 10 = 56\%$.

Визначення вмісту часток глинистої фракції діаметром менше 0,005 мм

1. Всипати в другу мензурку таку кількість досліджуваної проби, щоб після ущільнення, постукуванням скляною паличкою з гумовим наконечником в стінки мензурки, вийшов обсяг $F_0 = 5 \text{ см}^3$ (див. Рис. 6).

2. Розпушити породу в мензурці, влити 50-60 см³ води і розтирати скляною паличкою з гумовим наконечником до тих пір, поки не зникнуть мазкі глини на стінках мензурки.

3. Додати в отриману суспензію як коагулятор 2,5-3 см³ хлористого кальцію (концентрація 5,5 г CaCl₂ на 100 см³), розмішати, долити водою до мітки 100 см³ і залишити відстоюватися на 24-48 год.

4. Після закінчення зазначеного часу визначити обсяг набряклої проби та обчислити приріст обсягу на 1 см³ початкового обсягу за формулою:

$$K = \frac{V_1 - V_0}{V_0}, \quad (11)$$

де K - приріст обсягу на 1 см³ початкового обсягу породи;

V_1 – обсяг набряклої породи, см³; V_0 – початковий обсяг породи, см³.

Визначення рекомендується проводити паралельно у двох мензурках і при розрахунку брати середнє з двох значень. Розбіжність допускається трохи більше 5%. У протилежному випадку аналіз необхідно повторити.

5. Визначити в пробі вміст глинистих частинок у відсотках до ваги взятої початково, використовуючи емпірично встановлену залежність набрякання породи від кількості вмісту у ній частинок глинистої фракції (табл. 10). Ця залежність виражається формулою:

$$X = 22,7 K, \quad (12)$$

де X – вміст глинистих частинок, %; K – приріст обсягу набрякання породи см³ від початково взятого обсягу породи.

Отримані результати розрахунку занести до табл. 9.

Приклад розрахунку. Для визначення вмісту глинистої фракції діаметром менше 0,005 мм було насипано в мензурку $V_0 = 5$ см³ аналізованої проби. Після відстоювання обсяг набряклої проби склав $V_1 = 8$ см³. Таким чином, приріст об'єму склав 3 см³. Приріст обсягу на 1 см³ буде рівний

$$K = \frac{V_1 - V_0}{V_0} = \frac{3}{5} = 0,6. \quad (13)$$

згідно табл. 8 приросту обсягу 0,6 відповідає вміст глинистих частинок 13,6%.

Залежність нарякання піщано-глинистих порід від кількості глинистих частинок

Приріст об'єму на 1 см³	Утримування глинистих частинок, %	Приріст об'єму на 1 см³	Утримування глинистих частинок, %	Приріст об'єму на 1 см³	Утримування глинистих частинок, %
4,00	90,70	2,70	61,21	1,40	31,74
3,95	89,55	2,65	60,07	1,35	30,61
3,90	88,42	2,60	58,94	1,30	29,48
3,85	87,29	2,55	57,81	1,25	28,34
3,80	86,16	2,50	56,68	1,20	27,70
3,75	85,03	2,45	55,54	1,15	26,07
3,70	83,88	2,40	54,41	1,10	24,93
3,65	82,75	2,35	53,28	1,05	23,80
3,60	81,62	2,30	52,14	1,00	22,67
3,55	80,49	2,25	51,07	0,95	21,52
3,50	79,36	2,20	49,88	0,90	20,41
3,45	78,23	2,15	48,74	0,85	19,26
3,40	77,09	2,10	47,61	0,80	18,13
3,35	77,95	2,05	46,48	0,75	17,00
3,30	74,81	2,00	45,34	0,70	15,86
3,25	73,67	1,95	44,20	0,65	14,73
3,20	72,54	1,90	43,07	0,60	13,60
3,15	71,40	1,85	41,94	0,55	12,46
3,10	70,27	1,80	40,80	0,50	11,32
3,05	69,14	1,75	39,68	0,45	10,19
3,00	68,01	1,70	38,53	0,40	9,06
2,95	66,88	1,65	37,39	0,35	7,93
2,90	65,75	1,60	36,26	0,30	6,79
2,85	64,62	1,55	35,13	0,25	5,66
2,80	63,49	1,50	34,00	0,20	4,53
2,75	62,35	1,45	32,87	0,15	3,40
				0,12	2,72

Визначення вмісту пилюватої фракції діаметром 0,05-0,005 мм

1. Визначивши процентний вміст піщаної та глинистої фракцій, відняти від 100% їх суму. Отриманий результат становить відсотковий вміст в аналізованій пробі пилюватою фракції діаметром 0,05-0,005 мм. .

2. Якщо гранулометричний склад аналізованої проби визначається методом Рутковського в комбінації з ситовим методом, за наявності в породі фракцій діаметром більше 1 мм, слід зробити перерахунок отриманих результатів методом Рутковського на всю наважку. Остаточні результати внести до табл. 9 і дати назву аналізованої пробі за тричленною класифікацією (див. табл. 11).

Таблиця 11

Тричленна класифікація порід з гранулометричного складу

Назва породи	Вміст частинок, %		
	d<0,005мм.	d=0,5 – 0,1 мм	d= 0,1 – 2 мм.
1	2	3	4
Глина тяжка	>50	-	-
Глина легка	30-50	-	Більше як <u>пиплеватих</u>
Глина легка <u>пиплевата</u>	30-50	Більше як піщаних і глинистих окремо взятих	-
Суглинок тяжкий	30-20	-	Більше як пилюватих
Суглинок тяжкий пилюватий	30-20	Більше як піщаних	-
Суглинок середній	20-15	-	Більше як пилюватих
Суглинок середній пилюватий	20-15	Більше як піщаних	-
Суглинок легкий	15-10	-	Більше як пилюватих
Суглинок легкий пилюватий	15-10	Більше як піщаних	-
Супісок тяжкий	10-6	-	Більше як пилюватих
Супісок тяжкий пилюватий	10-6	Більше як піщаних	-
Супісок легкий	6-3	-	Більше як пилюватих
Супісок легкий пилюватий	6-3	Більше як піщаних	-
Пісок	<3	До 20	-
Пісок пилюватий	<3	20-50	-
<u>Пиль</u>	<3	>50	-

Приклад. Ситовим аналізом визначено такий вміст великих фракцій: > 2 мм міститься 8%, 2-1 мм - 42%, отже, на частку фракцій < 1 мм припадає 50%.

Для перерахунку складаємо такі пропорції:

- Для піску $100 : 56 = 50 : X$
- Для глини $100 : 13,6 = 50 : X$
- для пилу $100 : 30,4 = 50 : X$

$$X = \frac{56 \cdot 50}{100} = 28\%;$$
$$X = \frac{13,6 \cdot 50}{100} = 6,8\%;$$
$$X = \frac{30,4 \cdot 50}{100} = 15,2\%.$$

Таким чином, всій аналізованій пробі відповідає наступний гранулометричний склад:

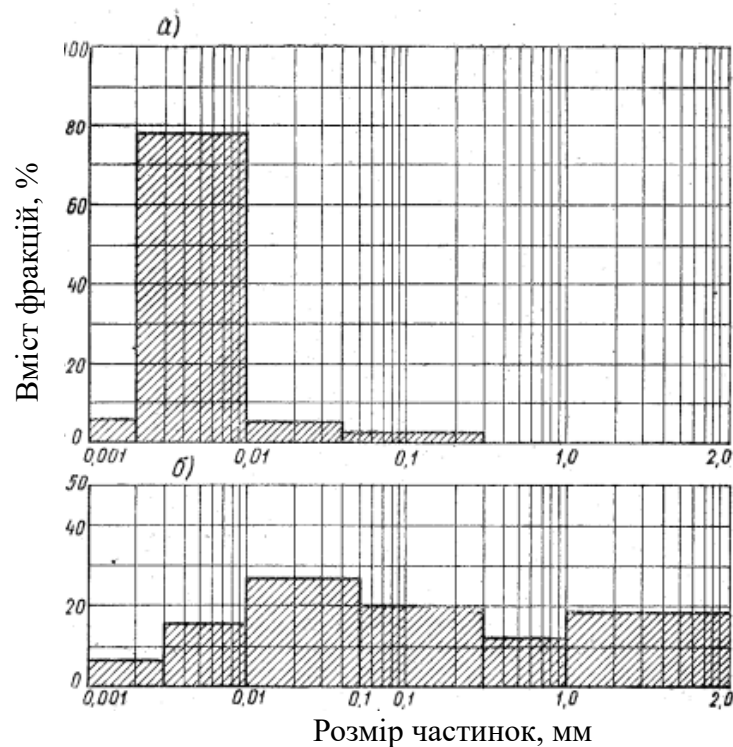
- фракцій діаметром > 2 мм
- фракції діаметром $2 - 1$ мм
- фракції діаметром $1 - 0,05$ мм
- фракції діаметром $0,05 - 0,005$ мм
- фракції діаметром $< 0,005$ мм

$$\begin{array}{r} 8\%; \\ 42\%; \\ 28\%; \\ 15,2\%; \\ 6,8\%; \\ \hline 100,0\%. \end{array}$$

СПОСОБИ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПОРІД

Результати гранулометричних аналізів, представлені в вигляді таблиць, як було показано вище, не дають наочного уявлення про склад породи. Тому в гідрогеологічній практиці прийнято результати таких аналізів зображати у вигляді різних графіків, діаграм, трикутників.

Діаграми гранулометричного складу породи (рис. 7) дозволяють показати результати тільки одного аналізу, тому при проведенні масових аналізів цей спосіб графічного зображення незручний. Він може бути, наприклад, використаний для зображення гранулометричного складу типових різниць для когось водоносного горизонту.



**Рис. 7. Діаграми гранулометричного складу порід:
а - однорідний; б - неоднорідний**

Трикутні діаграми, що застосовуються для зображення результатів гранулометричного складу порід, можна використовувати як при одиничних, так і при масових аналізах.

При побудові трикутних діаграм використано властивість рівностороннього трикутника, що полягає, як відомо, у тому, що сума перпендикулярів, опущених з будь-якої точки всередині трикутника на його сторони, дорівнює його висоті. Тому, якщо висоту трикутника (або його сторони) поділити на 100 рівних частин і провести через них паралельні лінії, перпендикулярні висоті, а на сторонах трикутника показати вміст трьох основних фракцій (для глинистих порід — глинистої, пілуватої, піщаної; для піщаних грубо- і крупнозернистою, середньо- і дрібнозернистою), то можна зобразити крапками у трикутнику склад породи (рис. 8). Причому ступінь однорідності породи легко визначається тим, як розташовуються точки в трикутник: якщо вони розкидані, - порода неоднорідна, якщо концентруються у певних місцях, - однорідна.

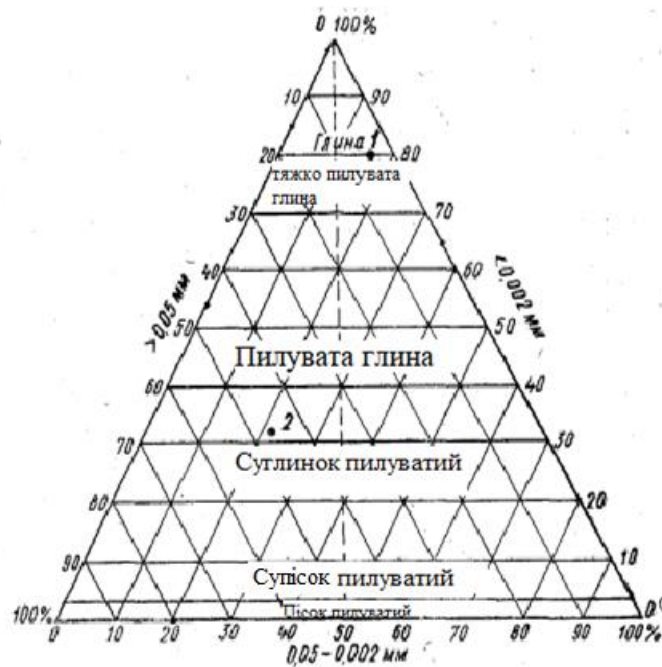


Рис. 8. Трикутна діаграма для зображення гранулометричного аналізу

Наприклад, на рис. 5.3 точка 1 показує, що в породі міститься піщаних фракцій 15%, пилуватих – 20% і глинистих – 65%, точка 2 показує відповідно 45,5% піщаних, 20% пилуватих, 34,5% глинистих.

Найбільш поширеним способом графічного зображення складу порід є криві однорідності, побудовані у прямокутній системі координат у простому (рис. 9) або напівлогарифмічному масштабі (рис. 10).

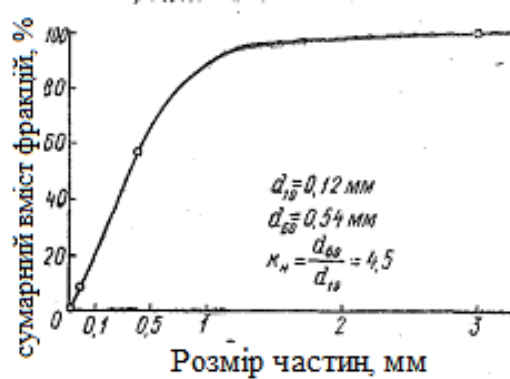


Рис. 9. Крива гранулометричного складу породи у простому масштабі

При побудові кривих однорідності результати аналізів перераховують за сукупністю фракцій, підсумовуючи їх, починаючи із найдрібнішою (див. рис. 10). При побудові кривої однорідності в простому масштабі на осі абсцис відкладаються діаметри частинок в мм, а на осі ординат – відсотковий вміст фракцій. При побудові кривої однорідності в напівлогарифмічному масштабі, на осі абсцис показаний не розмір частинок на міліметрах, а відрізки, пропорційні логарифмам цих величин.

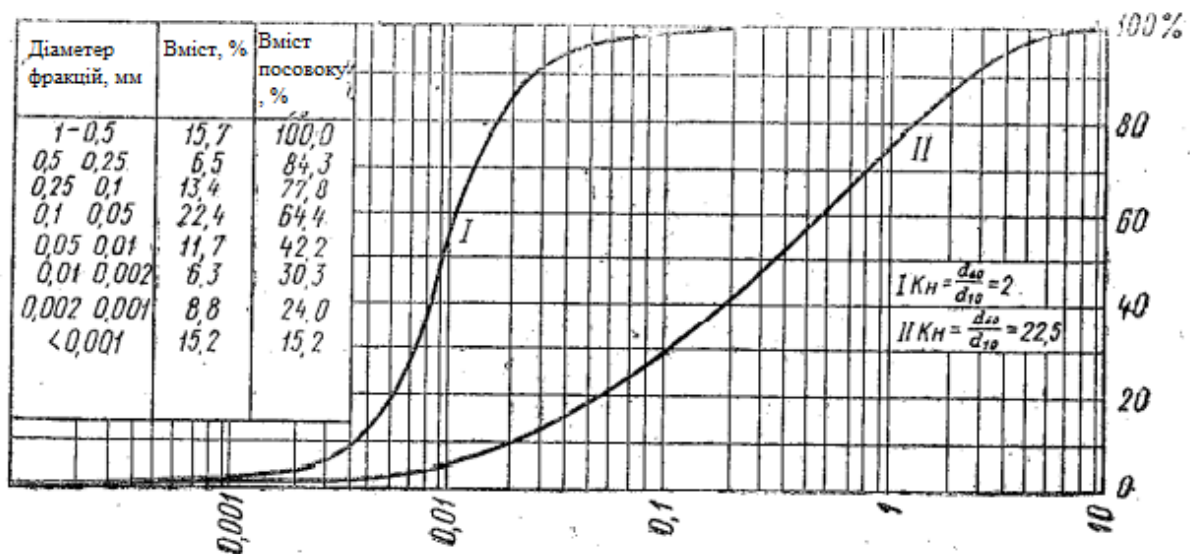


Рис. 10. Криві гранулометричного складу порід у підлозі логарифмічному масштабі: I – однорідний; II – неоднорідний

Для побудови шкали спочатку вибирають довжину відрізка, відповідну $\lg 10$. Це можуть бути відрізки будь-якої величини: 2, 4, 5 і т. д. сантиметрів. На початку координат ставиться мінімальний діаметр – 0,0001 або 0,001 мм, а через відрізок, відповідний $\lg 10$, наступні мітки – 0,01; 0,1; 1; 10 і т. д. Наприклад, якщо $\lg 10 = 1$ буде відповідати відрізку довжиною 5 см, то відрізки всіх наступних чисел дорівнюватимуть чисельному значенню логарифму даного числа, помноженому на 5 і т.д.

$$\begin{array}{ll} \lg 2 = 0,301 \times 5 = 1,5 \text{ см}; & \lg 6 = 0,778 \times 5 = 3,9 \text{ см}; \\ \lg 3 = 0,477 \times 5 = 2,3 \text{ см}; & \lg 7 = 0,845 \times 5 = 4,2 \text{ см}; \\ \lg 4 = 0,602 \times 5 = 3,0 \text{ см}; & \lg 8 = 0,903 \times 5 = 4,5 \text{ см}; \\ \lg 5 = 0,699 \times 5 = 3,5 \text{ см}; & \lg 9 = 0,954 \times 5 = 4,8 \text{ см}. \end{array}$$

Відкладаючи на осі абсцис від початку координат довжину кожного обчисленого відрізка, ставлять мітку та відповідну йому величину. Наприклад, у першому інтервалі 0,002; 0,003; 0,004; і т. д., другому – 0,02; 0,03 і т.д.

По осі ординат відкладають процентний вміст фракцій за сукупністю (рис. 5.5). Отримані точки з'єднують плавною лінією і набувають криву однорідності в напівлогарифмічному масштабі. Такі криві зручні для тих; що, поперше, дають можливість судити про ступінь однорідності породи: крута крива вказує на однорідність досліджуваної породи, полого — на її неоднорідність. По-друге, дозволяють отримати чисельний коефіцієнт неоднорідності, який дорівнює

$$K_n = \frac{d_{80}}{d_{10}}, \quad (14)$$

де d_{10} – діючий або ефективний діаметр частинок, мм; d_{80} – контролюючий діаметр частинок, мм.

Під діючим або ефективним діаметром розуміють такий діаметр частинок, менше якого в породі міститься 10% від усіх частинок. Визначається він за кривою гранулометричного складу наступним чином: з точки на осі ординат, що відповідає 10%, проводиться лінія до перетину з кривою. З точки перетину опускається перпендикуляр на вісь абсцис, де читається розмір діючого або ефективного діаметра в міліметрах.

Контролюючий діаметр – це такий діаметр частинок, менший за який у породі міститься 60% частинок. Визначають його також по кривій однорідності. При коефіцієнті неоднорідності глинистих порід більше 5, а піщаних більше 3, вони вважаються неоднорідними.

Коефіцієнт неоднорідності дає можливість судити про водопроникність однорідних і неоднорідних за гранулометричним складом порід і є критерієм для застосування в гідрогеологічні дослідження деяких розрахункових формул.

За кривою гранулометричного складу можна також визначити процентний вміст фракцій будь-якого діаметра в породі, і навпаки, знайти діаметр частинок, що відповідає певному процентному вмісту фракції.

КЛАСИФІКАЦІЯ РИХЛИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Численна кількість даних, одержуваних у процесі вивчення гірських порід та систематизованих лише в таблицях, діаграми, графіки, не змогло б створити повного уявлення про фізико-механічні властивості порід, якби вони не були класифіковані. Класифікації рихлих гірських порід дозволяють привести в струнку систему уявлення про їх фізико-механічні та фізико-хімічні властивості.

Співвідношення частинок різних фракцій покладено основою класифікацій рихлих гірських порід по гранулометричному складу.

У гідрогеологічних дослідженнях найчастіше застосовуються двочленні та тричленні класифікації.

Двочленові класифікації засновані на відносному вмісті в рихлих гірських породах частинок двох фракцій: розміром менше 0,01 мм, званих «фізичною глиною», і більше 0,01 мм – «фізичним піском». За відсотковим змістом частинок фракцій менше 0,01 мм у двочленних класифікаціях визначається назва породи – глини, суглинки, супіски, піски тощо (табл. 12).

Таблиця 12

Двочленова класифікація гірських порід за гранулометричним складом

Назва породи	Вміст фракцій, %	
	$d > 0,01$ мм	$d < 0,01$ мм
Пісок	100—95	0—5
Суб пісок	95—85	5—15
Суглинок легкий	85—75	15—25
Суглинок середній	75—65	25—35
Суглинок тяжкий	65—50	35—50
Глина легка	50—30	50—70
Глина тяжка	< 30	> 70

Недоліком двочленних класифікацій є те, що в них не враховуються вмісту частинок глинистих і пиловатих фракцій, присутність яких у рихлих гірських породах різко змінює їх водні властивості. Тому в сучасних гідрогеологічних дослідженнях вони не застосовуються.

Цей недолік усунений тричленною класифікацією (табл. 13). Вона заснована на відносному вмісті в рихлих гірських породах трьох основних фракцій: глинистої (менше 0,005 мм), пилюватою (0,005-0,1 мм) і піщаною (0,1-2,0 мм), і застосовується як класифікація, затверджена ГОСТом.

Таблиця 13

Тричленна класифікація порід з гранулометричного складу

Назва породи	Вміст частинок, %		
	d<0,005мм.	d=0,05 – 0,1 мм	d= 0,1 – 2 мм.
1	2	3	4
Глина тяжка	>50	-	-
Глина легка	30-50	-	Більше як <u>пилуватих</u>
Глина легка <u>пилувата</u>	30-50	Більше як піщаних і глинистих окремо взятих	-
Суглинок тяжкий	30-20	-	Більше як <u>пилуватих</u>
Суглинок тяжкий <u>пилуватий</u>	30-20	Більше як піщаних	-
Суглинок середній	20-15	-	Більше як <u>пилуватих</u>
Суглинок середній <u>пилуватий</u>	20-15	Більше як піщаних	-
Суглинок легкий	15-10	-	Більше як <u>пилуватих</u>
Суглинок легкий <u>пилуватий</u>	15-10	Більше як піщаних	-
Супісок тяжкий	10-6	-	Більше як <u>пилуватих</u>
Супісок тяжкий <u>пилуватий</u>	10-6	Більше як піщаних	-
Супісок легкий	6-3	-	Більше як <u>пилуватих</u>
Супісок легкий <u>пилуватий</u>	6-3	Більше як піщаних	-
Пісок	<3	До 20	-
Пісок <u>пилуватий</u>	<3	20-50	-
<u>Пил</u>	<3	>50	-

Використання тричленною класифікації дає можливість за вмістом глинистої фракції деталізувати рихлі гірські породи, виділяючи в них два різновиди глин і супісків (важкі та легкі), а також три види суглинків (важкий, середній та легкий). Співвідношення пилюватої та піщаної фракцій дозволяє також виділити серед них ще й пилуваті відміни.

Визначення назви породи за тричленною класифікацією розглянемо з прикладу.

Приклад

За даними гранулометричного аналізу, визначеного ситовим і піпетковим (або аерометричним) методами, у породі міститься: піщаних фракцій, діаметром від 2 до 0,1 мм – 15,5%, пилуватих фракцій, діаметром від 0,1 до 0,005 мм – 56,0%

і глинистих, діаметром менше 0,005 мм – 28,5%. Користуючись табл. 13, спочатку за вмістом глинистих фракцій (графа 2), визначаємо загальну назву породи (графа 1). Це буде або суглинок важкий, або суглинок важкий пилюватий. Далі дивимося по графі 3 і 4, вміст пилюватих фракцій у нашому прикладі більше ніж піщаних. Отже, досліджувана порода називається суглинок важкий пилюватий.

На додаток до наведеної тричленної класифікації існує класифікація рихлих гірських порід, що містять домішка великоуламкових фракцій, діаметром більше 2 мм, та пісків (табл. 14).

Тому, якщо за тричленною класифікацією визначено, що аналізована порода – пісок, то за табл. 14 необхідно уточнити, який пісок – великий, середньозернистий, дрібний або різнозернистий. Якщо породи (глина, супісок, суглинок) містять фракції діаметром більше 2 мм, то потрібно також по цій таблиці дати уточнення: порода з гравієм або порода галечник.

Таблиця 14

Класифікація грубоуламкових рихлих гірських порід		
№	Назва породи	Вміст частинок
1	Галечник (або щебінь, якщо уламки гострокутні)	Вміст уламків $d > 10$ мм більше 50% за вагою
2	Гравій (або хрящ, якщо частки гострокутні)	Вміст частинок d від 2 до 10 мм більше 33% за вагою
3	Грунт гравистий (пісок, супісок і т. д.)	Вміст часток d від 2 до 10 мм від 10 до 33% за вагою
4	Грунт із гравієм	Вміст часток d від 2 до 10 мм менше 10% за вагою
5	Пісок крупнозернистий	Вміст частинок $f > 0,5$ мм більше 50% за вагою
6	Пісок середньо зернистий	Вміст часток $d > 0,25$ мм більше 50% за вагою
7	Пісок дрібнозернистий	Вміст часток $d > 0,1$ мм більше 75% за вагою
8	Пісок різнозернистий	якщо піщані фракції містяться в однаковій пропорції або близько до цього, за умови, що містять окремі фракції, не більше, ніж на 5% одна від одної

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6. ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ РІДИНИ

В'язкістю називається властивість рідини чинити опір відносному руху (зсуву) її частинок. Вона зумовлює наявність сил внутрішнього тертя, що виникають під час руху реальної рідини. В'язкість рідини може бути виражена в градусах Енглера $^{\circ}E$, кінематичним ν та динамічним μ коефіцієнтами. Зі збільшенням температури в'язкість краплинних рідин (вода, нафта, олія, бензин) зменшується, а зі збільшенням тиску – збільшується. Визначають в'язкість рідин за допомогою спеціальних приладів – віскозиметрів.

Опис приладу

Віскозиметр Енглера (рис. 11) складається з двох резервуарів 3 і 11.

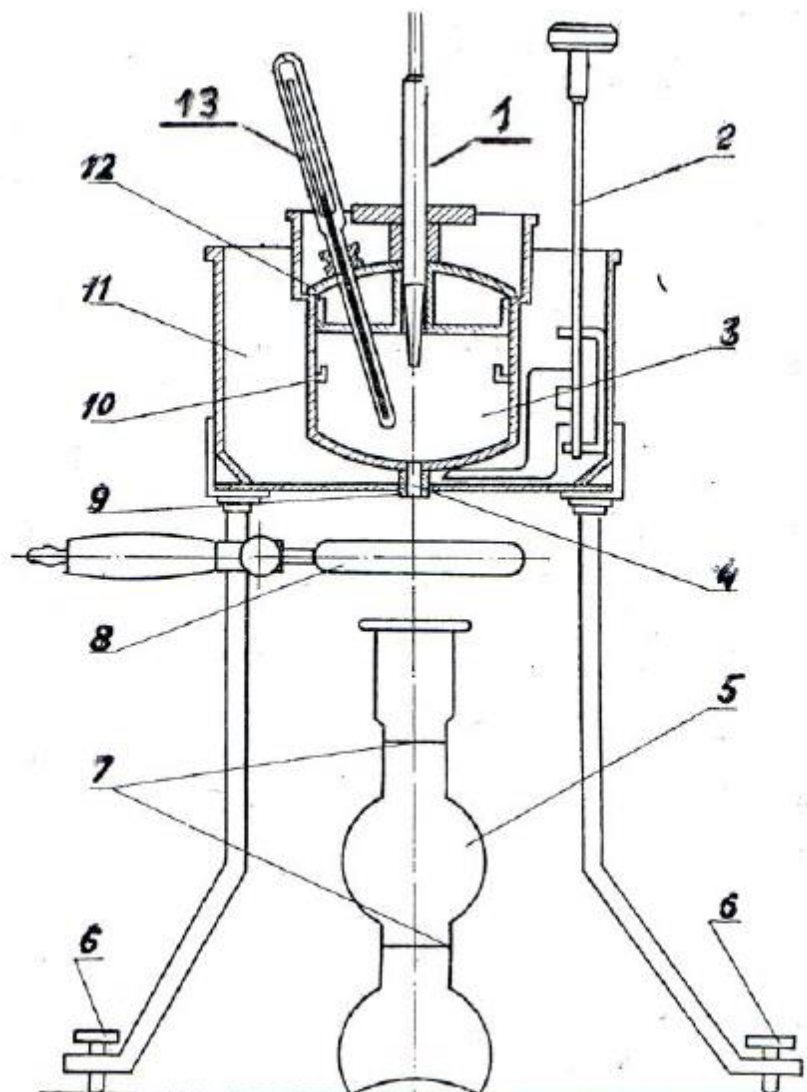


Рис. 11. Віскозиметр Енглера

Внутрішній резервуар 3 має сферичне дно, в центрі якого припаяна трубка 4, в отвір якої вставлений калібрований конічний насадок 9, через який витікає досліджувана рідина. Отвір насадка закривається загостреним на кінці стрижнем 1. Вертикальна установка приладу здійснюється за допомогою гвинтів 6.

Зовнішній резервуар 11 відіграє роль водяної ванни, зміною температури води в якій встановлюють необхідну температуру досліджуваної рідини, контрольовану термометром 13. Під насадок 9 встановлюється скляна колба 5 з двома рисками 7. Нижня риска відповідає ємності колби 100 см³, верхня – 200 см³.

Порядок виконання роботи

Визначення в'язкості віскозиметром Енглера полягає у зіставленні часу закінчення 200 см³ досліджуваної рідини через насадку 9 при заданій температурі з часом закінчення того ж обсягу дистильованої води $t_{\text{в}}$ при температурі 20 °С. Для цього знімають з віскозиметра кришку 12, переконуються в чистоті резервуара 3. У насадку 9 вставляють стрижень 1 і в резервуар 3 наливають приблизно 240 см³ рідини, що досліджується. Про вертикальність положення осі приладу судять по гачках 10, що знаходяться в резервуарі 3. Кришку 12 закривають, і під насадку 9 ставлять порожню колбу 5. Притримуючи кришку 12, виймають стрижень 1 і одночасно включають секундомір. Коли рівень рідини в колбі досягне верхнього ризику 7 секундомір вимикають. Отриманий час $t_{\text{р}}$ в секундах і час витікання 200 см³ досліджуваної рідини. Визначення $t_{\text{р}}$ повторюють тричі.

Обробка експериментальних даних

В'язкість рідини в градусах Енглера °E визначають за формулою:

$$^{\circ}E = \frac{t_{\text{ж}}}{t_{\text{в}}}, \quad (15)$$

де $t_{\text{р}}$ – середнє досліднє значення часу витікання 200 см³ досліджуваної рідини, с;
 $t_{\text{в}}$ – час витікання 200 см³ дистильованої води, що дорівнює 51 с.

Перехід від в'язкості в градусах Енглера до кінематичного коефіцієнта в'язкості ν здійснюється за формулою Уббелодє:

$$\nu = 0,0731 \text{ } ^\circ E - \frac{0,0631}{^\circ E}, \text{ см}^2/\text{с}. \quad (16)$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості μ рідини визначають за формулою

$$\mu = \nu \cdot \rho, \text{ Па}\cdot\text{с}, \quad (17)$$

де ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості;

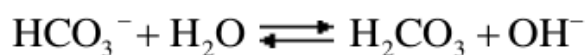
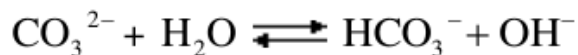
ρ – щільність досліджуваної рідини, яка визначається за допомогою ареометра. Отримані значення коефіцієнтів в'язкості зіставляються з довідковими, а всі дані вимірювань і обчислень результатів дослідів вносяться у відповідні графи табл. 15.

Таблиця 15

Досліджуванана	№	Температура рідини t°	Густина рідини	Час витікання 200 см ³		Вязкість досліджуваної рідини				
				досл. Р-ни, $t_{ж}$	дистил. води $t_{в}$	умовн. в град. Енглера, $^\circ E$	За даними дослідів		За довідником	
							кінематич. коеф. в'язк. ν	динаміч. коеф. в'язк. μ	кінематич. коеф. в'язк. ν	динаміч. коеф. в'язк. μ
масло тех-нич.									0,30	0,025

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7. ВИЗНАЧЕННЯ ЛУЖНОСТІ ВОДИ

Лужність води, в т. ч. і рудникової, створюється іонами гідроксиду OH^- – гідратна лужність та іонами CO_3^{2-} – карбонатна лужність. Ці іони утворюються у воді в результаті дисоціації основ або гідролізу солей, утворених слабкою кислотою і сильною основою



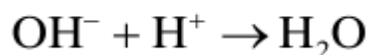
Іони гідроксиду можуть також утворюватися при гідролізі гумідових сполук.

Лужність вимірюється числом міліграм-еквівалентів даного іону в 1 л води (мг-екв/л). Загальна лужність дорівнює сумі окремих видів лужності. Якщо вода містить гідратну та карбонатну лужність, то її $\text{pH} > 8,2$.

Джерелом CO_3^{2-} і HCO_3^- в природі служать різні карбонатні породи – вапняки, доломіти, мергелі, карбонатний цемент багатьох осадових порід, а також деякі органічні речовини, при розкладанні та окисленні яких виділяється вуглекислота, що реагує з навколишніми породами з утворенням карбонатів та гідрокарбонатів.

Визначають лужність титруванням 0,1 н розчином соляної або сірчаної кислоти послідовно з індикатором фенолфталеїном та метилоранжем.

При титруванні з фенолфталеїном відбуваються реакції нейтралізації гідроксильних іонів OH^- та карбонатних іонів з утворенням води та гідрокарбонатів



Отже, витрата кислоти на титрування з фенолфталеїном еквівалентна вмісту гідроксидів та половини карбонатів, оскільки останні нейтралізуються лише наполовину до HCO_3^- . Таким чином,

$$\text{Щ}_\phi = [\text{OH}^-] + 0,5 [\text{CO}_3^{2-}],$$

де $\text{Щ}_\text{ф}$ – вільна лужність води в мг-екв/л; $[\text{OH}^-]$ та $[\text{CO}_3^{2-}]$ – концентрація гідроксильних та карбонатних іонів в мг-екв/л.

При подальшому титруванні в присутності метилоранжу відбувається реакція нейтралізації гідрокарбонатів.



Отже, вся витрата кислоти від початку нейтралізації і до кінця еквівалентна вмісту іонів

$$\text{Щ}_\text{м} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-],$$

де $\text{Щ}_\text{м}$ – загальна лужність води, мг-екв/л. Слід зазначити, що з рН води нижче 4,3 її лужність дорівнює нулю. Загальна лужність визначається титруванням 0,1н кислотою з індикатором метилоранжем, що має перехід кольору в інтервалі рН 3,1-4,4. У цих умовах титруються і гумати, надаючи відповідні гумінові кислоти. Оскільки лужність виражається в мг-екв/л, кількість витрачених мілілітрів 0,1н кислоти на титрування 100 мл води дає безпосередньо лужність води.

Завдання. Визначити лужність рудникової, болотної та ґрунтової води. Реактиви: 0,1н розчин HCl ; фенолфталеїн 1%-ний розчин у 60%-ному спирті; метилоранж (0,03%).

Порядок виконання роботи

1. У конічну колбу на 250 мл беруть по 100 мл випробуваної води та вносять 2-3 краплі розчину фенолфталеїну.

2. Якщо початкова проба отримала при додаванні фенолфталеїну малиновий колір, це говорить про присутність у воді гідратної та карбонатної лужності.

3. Пробу титрують 0,1н розчином HCl до знебарвлення. У цьому випадку титрується гідратна та половина карбонатної лужності. Відзначають кількість HCl , що пішла на титрування.

4. У ту ж пробу додають 2–3 краплі метилоранжу і дотитрують другу половину карбонатної лужності, відзначаючи кількість HCl , що пішла на дотитрування.

5. Якщо в пробі була відсутня гідратна лужність, то при першому титруванні (з фенолфталеїном) титрується половина карбонатної лужності, а при другому – (з метилоранжем) – друга половина карбонатної, бікарбонатна та гуматна лужність.

6. У разі відсутності гідратної та карбонатної лужності (проба залишилася безбарвною при додаванні 2-3 крапель фенолфталеїну) в пробу додають 2-3 краплі метилоранжу і титрують 0,1н розчином HCl до переходу жовтого забарвлення в помаранчеве, визначаючи таким чином сумарну бікарбонатну та гуматну лужність.

7. У кожному варіанті випробувань лужність води розраховують за формулою

$$\text{Щ} = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2}, \quad (18)$$

де Щ – лужність води, мг-екв/л; V_1 – об'єм 0,1н розчину HCl, що пішов на титрування, мл; N – нормальність робочого розчину кислоти HCl; V_2 – обсяг води, взятої на дослідження, мл.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ФІЛЬТРАЦІЇ ГІРСЬКИХ ПОРІД МЕТОДОМ ПОСТІЙНОГО НАПОРУ ВОДИ

Даний метод визначення коефіцієнта фільтрації ґрунтів застосовується у польових умовах. Для цього зазвичай відривають шурфи і подають у них воду у такій кількості, щоб підтримувався постійний рівень. Метод застосовується при відносно глибокому стоянні рівня ґрунтових вод.

У процесі наливу вимірюється інфільтраційна витрата води.

Опис роботи та прилади: Прилад складається з двох бачків (сифону Маріотта), штатива та двох кілець різного діаметру. Бачки служать для автоматичної подачі води в кільця для досліду. У верхній частині бачка є отвір для наповнення його водою. Скло на стінці бачка має шкалу з ціною розподілу $0,0001 \text{ м}^3$. У нижній частині бачка встановлено водоспускну та повітряну трубки з кранами. Перша служить для подачі води з бачка в кільце, а друга для подачі повітря в бачок.

Штатив встановлюється на обід великого кільця за допомогою складних ніжок. У середній частині штатива є висок, який служить для встановлення приладу в горизонтальне положення.

Кільця приладу мають нижні та верхні кругові ризики. Нижні показують, на яку глибину треба втиснути кільця в ґрунт при досліді. Верхні на якому рівні підтримується вода.

На внутрішній стороні малого кільця нанесені поділки від 0 до 10 см для встановлення постійного натиску при досліді.

Порядок виконання роботи

1. Поверхню ґрунту, де проводиться дослід, очищають, вирівнюють і покривають шаром дрібного гравію завтовшки близько 2 см.
2. У ґрунт концентрично вдавлюють обидва кільця на глибину, що відповідає нижнім круговим ризикам, нанесеним на кільцях.
3. У внутрішнє кільце та кільцевий зазор між його стінкою та зовнішнім кільцем наливають воду на 2-3 см вище за верхній ризик.

4. На верхній обідок великого кільця встановлюють штатив, ніжки якого кріплять гайками.

5. На штатив встановлюють бачки: один – над внутрішнім кільцем, інший – над кільцевим проміжком. Їх встановлюють таким чином, щоб кінці повітряних трубок були розташовані за урізом води, а водовипускних – на 2-3 см нижче.

6. Досвід проводять за постійного рівня 10 см (верхня ризику). Заповнюють бачки водою при закритих кранах через верхній отвір.

7. Спочатку відкривають водоспускні, потім повітряні трубки. У табл. 16 записують час початку досвіду та рівень води у бачках через певні проміжки часу по водомірному склу.

Таблиця 16

Дані розмірів і розрахунків

Час виміру t, c	Інтервал часу між вимірами, c	Кількість води, що вилілась за інтервал між вимірами, m^3	Фільтраційна витрата $Q, m^3/доду$	Площа фільтрації F, m^2	Коефіцієнт фільтрації $K_{\phi}, m/доду$

8. Досліди продовжують до отримання витрат, що встановилися (однакових в рівні проміжки часу).

9. Знаючи фільтраційні витрати води Q в одиницю часу та площу фільтрації F , визначають середню швидкість фільтрації

$$V_{cp} = \frac{Q}{F} \tag{19}$$

10. Коефіцієнт фільтрації визначається із формули Дарсі

$$V_{cp} = K_{\phi} \cdot I \tag{20}$$

11. Оскільки при висоті стовпа води 10 см напірний градієнт I приймається рівним одиниці, середня швидкість фільтрації чисельно дорівнює коефіцієнту фільтрації K_{ϕ} :

$$V_{cp} = K_{\phi}$$

Тоді $K_{\phi} = Q/F$

12. Побудувати графік залежності фільтраційної витрати Q (з наростаючим результатом) від часу t .

ПРАКТИЧНА РОБОТА 9. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЗАКОНУ ДАРСІ

Рух ґрунтових вод підпорядковується закону Дарсі, згідно з яким швидкість цього руху (швидкість фільтрації) v і витрата води Q виражаються формулами

$$v = k_{\phi} \cdot I \quad (20)$$

$$Q = \omega \cdot v = \omega \cdot k_{\phi} \cdot I, \quad (21)$$

де ω – площа поперечного перерізу ґрунту, через який проходить фільтрація, що дорівнює 100 см^2 ;

k_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації, що має розмірність швидкості, см/с;

I – гідравлічний градієнт тиску.

Отже, закон Дарсі встановлює, що втрати напору пропорційні швидкості фільтрації в першому ступені, тому що коефіцієнт фільтрації для даного ґрунту – величина постійна.

Завдання

1. Експериментально довести шляхом побудови графіка залежності швидкості фільтрації від градієнтів напору :

$$v = f(I). \quad (22)$$

2. Розрахуйте коефіцієнти фільтрації середньозернистого піску.

Опис установки

Установка є вертикальною колоною з основою квадратного перерізу розміром $10 \times 10 \text{ см}$ і висотою 75 см .

Нижня частина колони на висоту $10\text{-}20 \text{ см}$ заповнена ґрунтом і має зливну трубку для вимірювання величини фільтраційної витрати Q .

Вода надходить в установку у верхній частині. Для створення різних величин гідравлічного напору та підтримки постійного рівня води в установці по висоті колони наявні три переливні трубки.

Хід роботи

1. Здійснити подачу води в установку. З підняттям рівня води до першої переливної трубки обертанням крана домогтися, щоб приплив води в колону дорівнював витраті і тим самим підтримувався постійний гідравлічний напір h_1 . Витримавши 3 хвилини (для встановлення режиму фільтрації), виміряти об'ємним способом фільтраційну витрату Q_1 . Закривши трубку переливу 1, підняти рівень води до рівня трубки переливу 2. Почекавши 3 хвилини, заміряти витрату Q_2 при натиску h_2 .

2. Дані вимірювання записати в табл. 17 та виконати відповідні розрахунки щодо визначення швидкості та коефіцієнта фільтрації.

3. Побудувати графік функції $v=f(I)$ і переконатися, що витрати напору пропорційні швидкості фільтрації.

Таблиця 17

Дані вимірів та розрахунків

Назва грун- ту	Гідра- вліч- ний напір h , см	Висота грунту в колони l , см	Гра- дієнт напору $I = \frac{h}{l}$	Об'єм профі- льтро- ваної води V , см ³	Час філь- тра- ції, t , с	Витра- та води, $Q = \frac{V}{t}$ см ³ /с	Швид- кість фільт- рації, $v = \frac{Q}{\omega}$ см/с	Коефі- цієнт філь- трації, $k_\phi = \frac{v}{I}$ см/с

ПРАКТИЧНА РОБОТА 10. ҐРУНТОВІ ТА АРТЕЗІАНСЬКІ ВОДИ.

ПОБУДОВА КАРТ ГІДРО- ТА П'ЄЗОІЗОГПС

Основні визначення

Водопроникні породи – гірські породи, здатні пропускати через себе воду і не утримувати її у своїх порах (тріщинах). Прикладом водопроникних порід можуть бути галечники, піски, слабосцементовані пісковики, тріщинуваті кристалічні породи.

Водостійки породи – породи, не здатні пропускати через себе воду або дуже слабо її віддають (тобто практично виключають фільтрацію води). До водоупорних порід належать глини, суглинки, іноді супіски, монолітні кристалічні породи.

Водоносні горизонти – горизонти (шари), пори та тріщини яких заповнені водою, складені водопроникними породами та що характеризуються спільністю умов формування, руху та розвантаження підземних вод.

Ґрунтові води – підземні води першого від поверхні землі постійно діючого водоносного горизонту. Водовмісні породи поділяються цим горизонтом на дві частини: нижню частину, в якій пори заповнені водою, тобто. власне водоносний горизонт, і верхню, де в порах є повітря, тобто. зону аерації. Поверхню, що відокремлює ці зони одна від одної, називають дзеркалом ґрунтових вод (вільною поверхнею) (рис. 12).

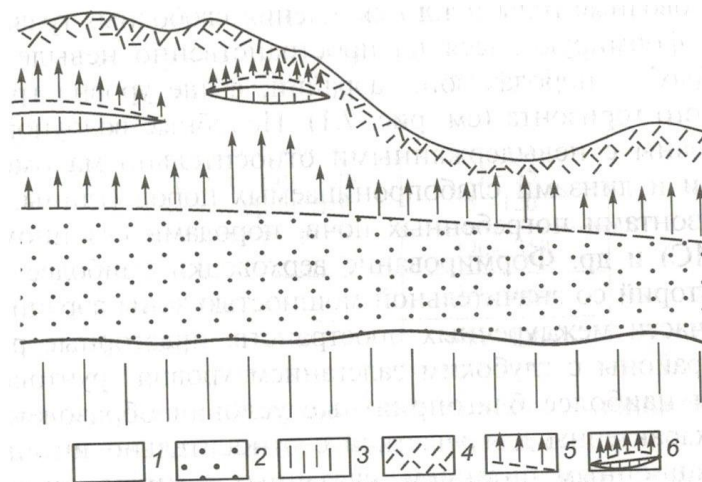


Рис. 12. Ґрунтові води:

*1 – породи зони аерації; 2 - ґрунтового водоносного горизонту; 3 – слабопроникні породи;
4 – ґрунтовий шар; 5 – рівень ґрунтових вод та капілярна кайма; 6 – верховодка*

Ґрунтові води мають прямий зв'язок із атмосферою. Область їх поширення та живлення (область, де відбувається поповнення водоносного горизонту водою) зазвичай збігаються, причому основним джерелом живлення ґрунтових вод є атмосферні опади, рідше поверхневі конденсаційні води. Близьке залягання ґрунтових вод до поверхні та тісний взаємозв'язок з атмосферними опадами обумовлює значну зміну їх характеристик у часі: кількості води в горизонті, положення рівня, хімічного складу тощо. Вони мають поширення і приурочені в основному до відкладів четвертинного віку. Ґрунтові води найбільш доступні для водопостачання, але легко схильні до забруднення. Особливості поширення ґрунтових вод у межах ділянки, що вивчається, характеризують за допомогою карт гідроізогіпс.

Артезіанські води – напірні підземні води, приурочені до регіонально витриманого пласта-колектора (водоносного горизонту), що залягає між водостійкими пластами. Артезіанські води залягають у межах щодо великих геологічних структур (синкліналей, монокліналей та ін.), складених переважно породами дочетвертинного віку. Ці структури, що включають один або кілька напірних водоносних горизонтів і комплексів і мають значні розміри за площею, називаються артезіанськими басейнами. У кожному артезіанському басейні виділяють галузі живлення, напору та розвантаження (рисунк 2). Особливості залягання артезіанських вод відображають на карті п'єзоізогіпс.

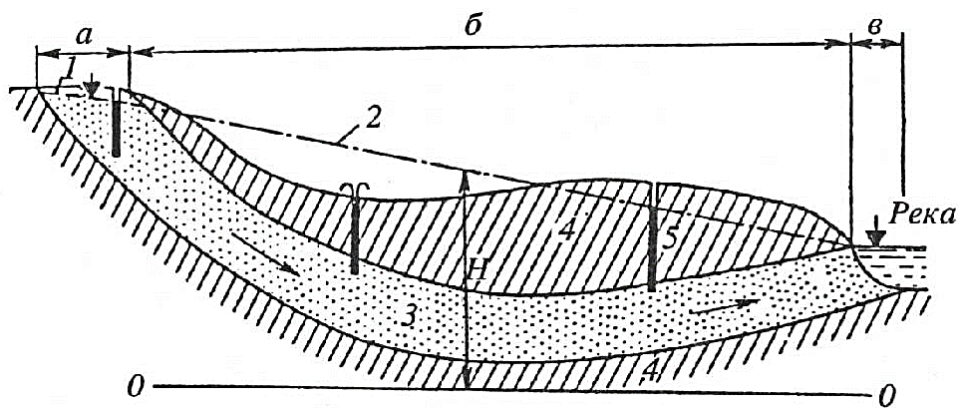


Рис. 2. Артезіанський басейн (за умов синклінального залягання верств порід)

Області: *a* – живлення напірних вод; *б* - напору; *в* – розвантаження; *1* – рівень ґрунтових вод; *2* – п'єзометричний рівень напірних вод; *3* – водоносний напірний пласт; *4* – водоупори; *5* – свердловини; *H* – величина п'єзометричного тиску

Область живлення – площа виходу пласта-колектора на поверхню на найвищих гіпсометричних відмітках. Проте за певних гідрогеологічних умов живлення артезіанських вод може здійснюватися за рахунок перетікання води із суміжних водоносних горизонтів.

Область напору – площа розповсюдження артезіанського басейну, в межах якої рівень підземних вод залягає вище за покрівлю водоносних горизонтів (вода в пласті перебуває під надлишковим тиском). Цей рівень називають п'єзометричним, а висоту підйому води у свердловинах, що розкривають артезіанський водоносний горизонт, – надмірним напором. На ділянках, де п'єзометричний рівень залягає вище поверхні землі, має місце самовилив (фонтанування) свердловин. Поверхня, що з'єднує п'єзометричні рівні, зветься п'єзометричною. Область розвантаження – область виходу напірних вод на поверхню. Розвантаження артезіанських вод може здійснюватися у вигляді висхідних джерел або безпосередньо в поверхневі водотоки, моря, озера. Артезіанські води широко використовуються для водопостачання міст, промислових підприємств, а також для вилучення бром, йоду з лікувальною метою.

Аналіз карт гідро- та п'єзогіпс

Кarti гідрогіпс будують для відображення рельєфу поверхні ґрунтових вод. За побудовою карти гідрогіпс аналогічні топографічним картам, а самі гідрогіпси – горизонталі рельєфу і є лініями на карті, що з'єднують точки з однаковими абсолютними відмітками рівня ґрунтових вод. Кarti п'єзогіпс будують для артезіанських вод. П'єзогіпсами називають лінії (у плані) рівних абсолютних позначок п'єзометричної поверхні. Кarti гідро- та п'єзогіпс призначені для вирішення різних інженерних завдань, пов'язаних з водопостачанням, охороною підземних вод, осушенням родовищ корисних копалин, меліорацією та ін. аналіз карт гідро- та п'єзогіпс дозволяє отримати такі відомості:

1. Напрямок руху підземних вод у будь-якій точці карти. Рух підземних вод підпорядковується законам гравітації і походить від ділянок з вищими

абсолютними відмітками до діляниць з меншими відмітками по лінії, перпендикулярній до основного напрямку гідроізогіпс (п'єзоізогіпс) (рис. 13).

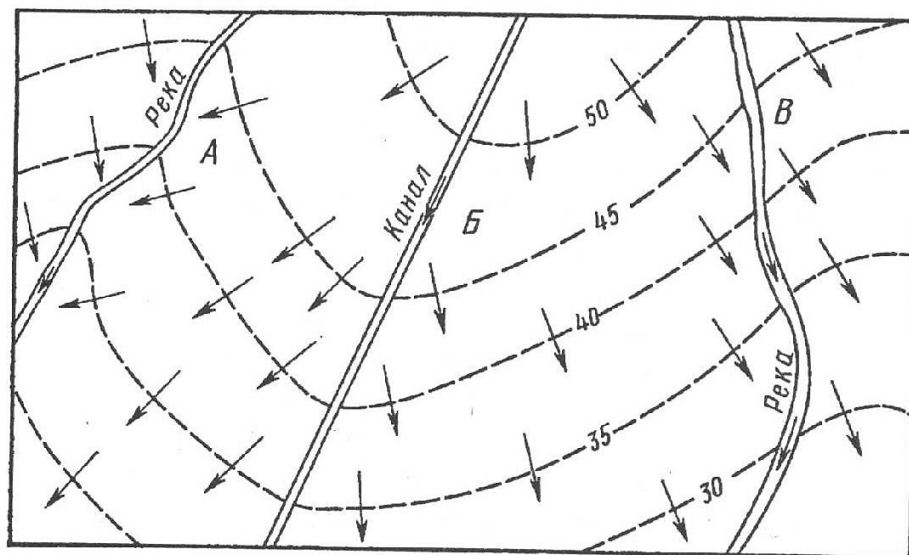


Рис. 13. Карта гідроізогіпсу: ділянка А – ґрунтові води живлять річку; Б – канал живить ґрунтові води річки; В – ґрунтові води живлять річку і виходять із неї

2. Характер взаємозв'язку підземних вод із поверхневими. Підземні води, особливо ґрунтові, можуть мати тісний гідравлічний зв'язок із поверхневими водотоками. В одному випадку підземні води розвантажуються в річку, в іншому – живляться за рахунок поверхневих. Для з'ясування характеру взаємозв'язку картами гідро- і п'єзоізогіпс визначають напрям ґрунтового потоку. Якщо ґрунтовий потік спрямований до річки, це означає, що підземні води розвантажуються (живлять) у річку; в іншому випадку (зрошувальні канали, паводок у річці та ін.) поверхневі води розходяться на живлення підземних вод і їх рівень піднятий по відношенню до останніх. У природі також бувають ситуації, коли на одному березі має місце розвантаження ґрунтових вод, на іншому – їхнє поглинання.

3. Глибину залягання підземних вод у будь-якій точці ділянки. Параметр визначають по різниці між абсолютними відмітками поверхні землі та підземних вод.

4. Гідравлічний ухил (градієнт) підземного потоку. Градієнт дорівнює різниці абсолютних позначок рівневої поверхні у двох вибраних уздовж

напрямку потоків точках, поділеної на відстань між цими точками (у масштабі карти)

5. Витрата ґрунтового потоку. Карти гідро- та п'єзоізогіпс будують на детальній топографічній основі (рис. 14). У свердловинах, колодязях, шурфах, часто пройдених спеціально для цих цілей, проводять одноразове вимірювання рівнів підземних вод, фіксуючи також вихід підземних вод на поверхню (джерела) з їх висотною прив'язкою. Знаючи висотну прив'язку гірничих виробок і глибину залягання підземних вод, визначають за їх різницею абсолютні позначки рівнів води, що встановилися.

Завдання

1. Побудувати карту гідроізогіпс та п'єзоізогіпс із перетином ізогіпс через 1 м.
2. Показати напрямок руху підземних вод.
3. Визначити для характерних ділянок гідравлічний градієнт підземних вод.
4. Встановити глибину залягання підземних вод заданих точках.

Хід роботи

1. Обчислити та підписати у кожній гірничій виробки на топографічній основі абсолютні позначки рівнів підземних вод (таблиця 18, 19).

Таблиця 18

Дані для побудови точок гідроізогіпс

№ свр. або шурфа	Абс. від мітка гирла, м	Глибина залягання стагичного рівня від гирла за варіантами, м									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свердловини											
1	88,3	3,3	3,5	3,7	3,0	2,8	3,9	4,2	4,0	4,5	4,3
2	92,1	5,1	5,3	5,5	4,8	4,6	5,7	6,0	5,8	6,3	6,1
3	90,8	4,3	4,5	4,7	4,0	3,8	4,9	5,2	5,0	5,5	5,8
4	83,0	1,2	1,4	1,6	0,9	0,7	1,8	2,1	1,9	2,4	2,2
8	91,5	4,6	4,8	5,0	4,3	4,1	5,2	5,5	5,3	5,8	5,6
9	91,0	4,0	4,2	4,4	3,7	3,5	4,6	4,9	4,7	5,2	5,0
10	84,9	2,4	2,6	2,8	2,1	1,9	3,0	3,3	3,1	3,6	3,4
16	88,2	2,2	2,4	4,6	1,0	1,7	2,8	3,1	2,9	3,4	3,2
17	83,1	1,1	1,3	1,5	0,8	0,6	1,7	2,0	1,8	2,3	2,1
Шурфи											
1	87,3	2,8	3,0	3,2	2,5	2,3	3,4	3,7	3,5	4,0	3,8
2	92,4	5,0	5,2	5,4	4,7	4,5	5,6	5,9	5,7	6,2	6,0
3	87,0	4,0	1,2	4,4	3,7	3,5	4,6	4,9	4,7	5,2	5,0
4	91,6	4,6	4,8	5,0	4,3	4,1	5,2	5,5	5,6	5,8	5,6

Дані для побудови карти п'єзоізогіпс

№ скв	Абс. відмітка пирв, м	Глибина залягання статичного (п'єзометричного) рівня за варіантами, м									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	88,3	11,3	11,5	11,7	11,0	10,8	11,9	12,2	12,2	12,3	12,3
2	92,1	12,1	12,3	12,5	11,8	11,6	12,7	13,0	12,8	13,3	13,1
3	90,8	11,6	11,8	12,0	11,3	11,1	12,2	12,5	12,3	12,8	12,6
4	83,0	7,5	7,7	7,9	7,2	7,0	8,1	8,4	8,2	8,7	8,5
5	76,1	4,9	5,1	6,3	4,6	4,4	5,5	5,8	5,6	6,1	5,9
6	70,0	1,9	2,0	1,8	2,1	2,3	1,7	1,5	2,5	2,0	1,6
7	68,5	3,5	3,4	3,3	3,7	3,9	4,0	4,1	3,2	3,5	8,1
8	91,5	17,9	18,1	10,6	17,6	17,4	18,5	18,8	18,6	19,1	19,9
9	91,0	15,8	16,0	16,2	15,6	15,3	16,4	16,7	16,5	17,0	16,8
10	84,9	10,6	10,8	11,0	10,3	10,1	11,2	11,5	11,3	11,8	11,6
11	74,6	4,1	4,3	4,5	3,8	3,6	4,7	5,0	4,8	5,3	5,1
12	67,8	1,8	1,9	2,1	1,7	1,5	2,0	2,3	2,5	1,8	2,3
13	65,0	1,0	1,1	2,2	1,4	1,3	1,5	1,0	0,9	1,6	0,8
14	68,0	3,8	3,9	4,2	4,3	3,6	4,5	4,4	3,6	3,7	4,6
15	90,8	16,4	16,5	16,8	16,1	15,9	17,0	17,3	17,1	17,6	17,4
16	88,2	12,2	12,4	12,6	11,9	11,7	12,8	13,1	12,9	13,4	13,2
17	83,1	9,4	9,6	9,8	9,1	8,9	10,0	10,3	10,1	10,6	10,4
18	74,7	3,7	3,3	4,0	3,9	4,3	4,5	4,4	3,6	3,8	5,1
19	68,0	1,0	1,2	1,1	1,3	1,5	0,9	1,2	1,0	1,6	1,7
20	67,3	2,8	3,0	3,2	2,5	2,3	3,4	3,7	3,5	1,0	3,8

2. Провести арифметичним або геометричним методом інтерполяцію абсолютних позначок рівня води у свердловинах та шурфах. Завдання інтерполяції – знаходження на відрізках між двома гірничими виробками точок, у яких рівень підземних вод має абсолютні позначки, виражені цілими числами (у метрах). Головні напрями інтерполяції вибираються лініями, що йдуть від водороздільних ділянок до поверхневих водотоків, оскільки останні є дренами (кордонами потоків підземних вод), то інтерполяція через річки, озера не проводиться.

4. Показати напрямок руху підземних вод у довільних місцях стрілками, що проводяться перпендикулярно до гідроізогіпс.

5. Визначити для характерних ділянок, що відповідають максимальному в межах карти ухилу, гідравлічний градієнт потоку підземних вод.

6. Встановити глибину залягання підземних вод у заданих точках А та Б, попередньо визначивши абсолютні позначки земної поверхні та дзеркала ґрунтових вод (п'єзометричної поверхні) у цих точках. Цю процедуру слід проводити, інтерполюючи між двома сусідніми горизонталями рельєфу та гідроізогіпсами (п'єзоізогіпсами) відповідно.

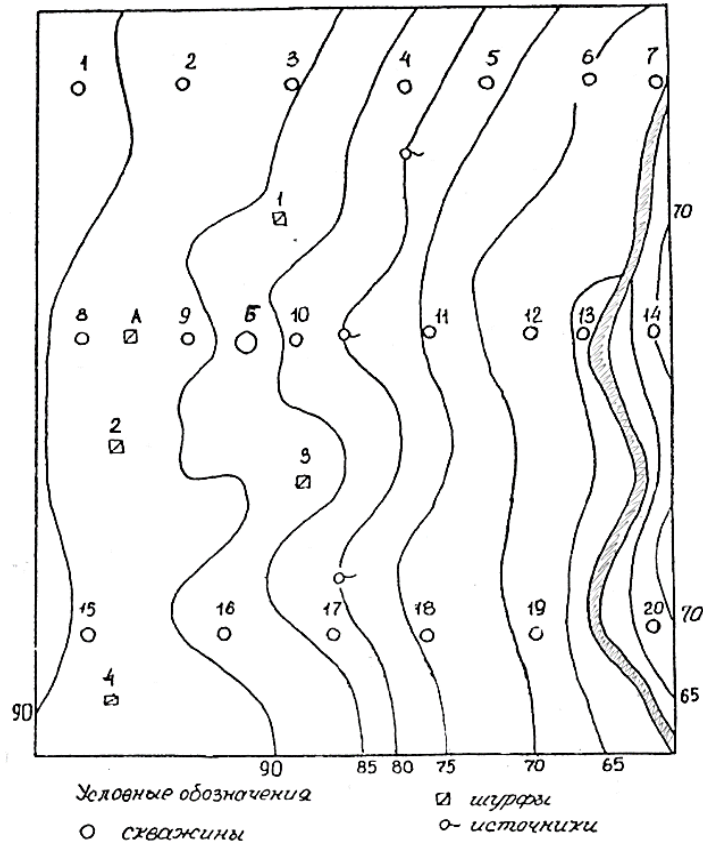


Рис. 15. Схема гідроізогіпс та п'єзоізогіпс
 Масштаб 1:10 000
 Перетин ізогіпс через 1 м

ПРАКТИЧНА РОБОТА 11. ПОБУДОВА ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО РОЗРІЗУ. НАПИСАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ДО КАРТИ

Гідрогеологічний розріз відображає геологічну будову та гідрогеологічні умови ділянки вздовж певного напрямку (створу), на якому розташовуються свердловини.

Вихідні дані для побудови розрізу: послідовність літологічних різниць порід, їх потужність, глибина рівнів підземних вод, що встановилися, - отримують при бурінні свердловин (табл. 20). Крім того, необхідні відомості про висотну прив'язку кожної свердловини та відстань між ними.

Таблиця 20

Дані для побудови гідрогеологічного розрізу по лінії свердловин 8-14

Породи	Потужність порід за свердловинами, м						
	8	9	10	11	12	13	14
Пісок дрібнозернистий	11,7	10,5	4,7	-	-	-	-
Суглинок	19,3	21,8	16,5	17,1	8,2	-	7,5
Пісок крупнозернистий	4,7	5,0	4,5	4,6	4,8	-	4,7
Різнозернисті піски з гравієм і галькою	-	-	-	-	-	12,3	-
Глина (розкрита потужність)	2,5	3,0	4,5	2,0	3,5	5,0	5,0

Завдання

1. Побудувати гідрогеологічний розріз і показати на ньому лінії рівня напірних та безнапірних вод.
2. Скласти пояснювальну записку до побудованих карт і розрізу.

Хід роботи

1. Починати побудову розрізу слід із вибору масштабів (вертикального та горизонтального). Горизонтальний масштаб призначають відповідно до масштабу карти, до якої буде доданий розріз, вертикальний повинен забезпечувати чітке зображення умов залягання та взаємозв'язку водоносних горизонтів, річок. Для цих умов рекомендується вертикальний масштаб 1:1000.

2. З урахуванням обраного масштабу за абсолютними відмітками гирл свердловин та топографічної карти будують гіпсометричний профіль, на якому

показують рельєф поверхні землі та місцезнаходження свердловин у вигляді вертикальних ліній.

3. За даними буріння свердловин будують геолого-літологічні колонки, на підставі яких проводять літологічні та геологічні границі. Використовуючи дані вимірів рівнів води у свердловинах та побудовані карти гідро- та п'єзоізогіпс, знаходять положення дзеркала ґрунтових вод та п'єзометричної поверхні, вихід джерел, показують напрямок руху підземних вод. На підставі гідрогеологічних даних виділяють водоносні горизонти і водоупори, що їх розділяють.

4. У пояснювальній записці систематизують дані про геолого-гідрогеологічні умови досліджуваної ділянки. Вона складається на основі аналізу побудованих карт гідро- та п'єзоізогіпс гідрогеологічного розрізу.

Пояснювальна записка включає, як правило, такі розділи: Геоморфологія. Основні геоморфологічні елементи ділянки (схил, звернений до річок, долина річки, поверхневі вододіли тощо) максимальні та мінімальні потужності гіпсометричні позначки поверхні землі. Наявність балок, логів, виходи джерел.

Геологічна будова. Загальна характеристика літології порід, що беруть участь у геологічній будові ділянки (піщано-глинисті, карбонатні, хемогенні тощо), із зазначенням їх генези та віку (наприклад, алювіальні відкладення четвертинного віку) на основі гідрогеологічного розрізу. Послідовність літологічних шарів, що розкриваються свердловинами, та їх опис ведеться знизу-вгору (від давніших до молодших): літологія та поширення шару в межах ділянки (локальне або регіональне); глибина залягання шару; зміна його потужності за площею; місця виходу шару поверхню; ділянки його вклинювання, розмиву або літологічного заміщення; характер залягання та взаємозв'язок з підстилаючими та перекриваючими горизонтами.

Наявність та характер розривних порушень.

Гідрогеологічні умови. Наявність водоносних горизонтів, що розкриваються буровими свердловинами та шурфами в межах ділянки: водоносного горизонту ґрунтових вод та водоносного горизонту артезіанських

вод. Окремий опис кожного водоносного горизонту, починаючи з горизонту ґрунтових вод, за такою схемою:

- поширення горизонту в межах ділянки (повсюдно або локально);
- водовмісні породи горизонту, підстилаючі та перекриваючі водостійкі;
- зміна потужності горизонту за площею ділянки, глибини залягання рівнів ґрунтових та артезіанських вод; глибина залягання ґрунтових (у шурфі А та свердловині Б) та артезіанські (у свердловині Б) вод за картами гідро- та п'єзоізопс;
- особливості фільтрації підземних вод та взаємозв'язок їх із поверхневими водами; гідравлічний градієнт у межах характерних ділянок;
- особливості живлення та розвантаження підземних вод (можливість перетікання ґрунтових вод через суглинки у водоносний горизонт артезіанських вод має бути доведена та причинно обґрунтована);
- ділянки можливого самовиливу свердловин – зони, де поверхня землі розташовується нижче за п'єзометричну поверхню горизонтів артезіанських вод;
- можливість використання ґрунтових та артезіанських вод для господарсько-питного водопостачання.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Вовк О. П. До проблеми раціонального використання підземних вод с. Підністрияни Стрийського району Львівської області // Проблеми геології України: збірник наукових праць за матеріалами XIII всеукраїнської наукової конференції (3–5 жовтня 2022 р). Львів, 2022. С. 67-70.
2. Колодій, В. В. Гідрогеологія : підручник для студ. геол. спец. вищ. навч. закл. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 368 с.
3. Корнеєнко С.В. Методика гідрогеологічних досліджень. Основні методи і види гідрогеологічних досліджень. К., 2001. 69 с.
4. Мандрик Б.М., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. Гідрогеологія. К.: Вид-во «Київський університет», 2005. 220 с.
5. Ковальчук І. П., Курганевич Л. П. Гідроекологічний моніторинг : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 292 с.
6. Огняник М. С. Мінеральні води України: підручник. К.: Вид-во «Київський університет», 2000. 220 с.
7. Корнеєнко С. В. Методика гідрогеологічних досліджень. Основні методи і види гідрогеологічних досліджень: навч. посібник. К.: Вид-во «Київський університет», 2001. 69 с.
8. Новосад Я.О. Гідрогеологія: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2005. 136 с.
9. Słownik hydrogeologiczny / T. Bocheńska o.i. Warszawa: Państwowy Inst. Geol. 2002. 461 s.

Навчально-методичне видання

**Вовк Олександр Павлович
Стельмах Валентина Юрївна**

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З КУРСУ ГІДРОГЕОЛОГІЯ

*(Методична розробка
для студентів географічного факультету)*

Верстка В.Ю. Стельмах

Підписано до друку _____ р. Формат 60x84 1/16
ум. друк. арк. 23.75 Зам № _____ Тираж 50
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний
Друк ПП Іванюк В.П. 43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 63
Свідоцтво Держкомінформу України
ВЛн №31 від 04.02.2004 р.