

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ»

(модуль 2 «Підземні води»)

*(для студентів 3 курсу 6 семестру денної та 4 курсу 7 семестру заочної форм
навчання напрямку 6.040601 – Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2016**

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Екологічна геологія» (модуль 2 «Підземні води») (для студентів 3 курсу 6 семестру денної та 4 курсу 7 семестру заочної форм навчання напряму 6.040601 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Д. В. Дядін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 11 с.

Укладач: Д. В. Дядін

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою міських та регіональних екосистем, протокол № 9 від 06.04.2015 р.

Зміст

Контрольна робота (заочна форма).....	4
Визначення еквівалентного вмісту іонів у підземних водах.....	4
Визначення похибки іонного балансу	5
Визначення похибки між величинами сухого залишку і мінералізації...	5
Складання формули сольового складу води	6
Оцінка якості підземних вод згідно вимог до питної води.....	8
Завдання до контрольної роботи	9
Перелік питань до самостійної підготовки	10

КОНТРОЛЬНА РОБОТА (ЗАОЧНА ФОРМА)

Контрольна робота є індивідуальним завданням для виконання студентами заочної форми навчання у складі модулю 2 «Підземні води». За темою контрольна робота належить до розділу «Хімічний склад підземних вод» і передбачає обробку результатів лабораторного аналізу води, складання формули сольового складу та порівняння з вимогами нормативів до питних вод. Вихідні дані до контрольної роботи видаються викладачем за індивідуальними варіантами на установчій лекції.

Визначення еквівалентного вмісту іонів у підземних водах

Основною формою вираження результатів лабораторного аналізу води служить вагова іонна форма. При цьому результати визначення макрокомпонентів наводяться в міліграмах (грамах) на 1 л води, а також в частках на мільйон (ppm). Для повного виявлення властивостей води і ясного уявлення про співвідношення іонів у кожному конкретному аналізі або при зіставленні вод різної мінералізації результати аналізів води переводять із вагової до еквівалентної форми – в міліграм-еквіваленти або грам-еквіваленти іонів в 1 л води (мг-екв/л, г-екв/л).

Для того, щоби перевести мг/л у мг-екв/л необхідно кількість міліграмів кожного іону розділити на його еквівалентну масу (частка від ділення іонного ваги на валентність іону):

$$C_{\text{мг-екв./л}} = \frac{C_{\text{мг/л}}}{\text{екв.маса}} \quad (1)$$

$$\text{екв.маса} = \frac{\text{іонна маса}}{\text{валентність}} \quad (2)$$

Нижче наведені іонні та еквівалентні маси макрокомпонентів і деяких другорядних компонентів вод (табл. 1).

Таблиця 1 – Іонні та еквівалентні маси компонентів

Аніони	Іонна маса	Еквівалентна маса	Катіони	Іонна маса	Еквівалентна маса
HCO ₃ ⁻	61	61	Ca ²⁺	40	20
CO ₃ ²⁻	60	30	Mg ²⁺	24,3	12,15
Cl ⁻	35,5	35,5	Na ⁺	23	23
SO ₄ ²⁻	96	48	K ⁺	39	39
NO ₂ ⁻	46	46	Fe ²⁺	55,85	27,9
NO ₃ ⁻	62	62	Fe ³⁺	55,85	18,6
PO ₄ ³⁻	95	31,67	Zn ²⁺	65,4	32,7
F ⁻	19	19	NH ₄ ⁺	18	18
Br ⁻	80	80	Sr ²⁺	87,6	43,8
I ⁻	127	127	Li ⁺	7	7
S ²⁻	32	16	Mn ²⁺	55	27,5

Наприклад, іонна вага сульфат-іону (SO_4^{2-}) становить $(32+16\cdot4) / 2 = 48$. Якщо вміст сульфат-іону, виміряний у воді, складає 155 мг/дм^3 , еквівалентна концентрація становитиме $155 / 48 = 3,23 \text{ мг-екв/дм}^3$.

Визначення похибки іонного балансу

Оскільки вода є рівноважним розчином солей, суми аніонів і катіонів, виражені у мг-еквівалентній формі, мають бути рівними між собою. Ступінь розбіжності між цими сумами дозволяє оцінити наявність похибки лабораторного аналізу, яку називають похибкою іонного балансу.

Визначення похибки в іонному балансі, звичайно, можливе лише за умов прямого вимірювання концентрацій усіх компонентів у воді, насамперед макрокомпонентів – HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Наприклад, у лабораторній практиці часто проводять скорочений аналіз – прямими методами вимірюють концентрації HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , а еквівалентний вміст $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ розраховують саме за іонним балансом. Звичайно, що за таких умов похибку іонного балансу оцінювати немає сенсу, бо її не виникає.

Розрахунок похибки проводять за такою формулою:

$$x = \frac{A - K}{A + K} \cdot 100\% , \quad (3)$$

де A і K – суми еквівалентних концентрацій аніонів і катіонів відповідно.

Величина допустимої похибки іонного балансу зростає зі зменшенням мінералізації води. Для масових гідрохімічних аналізів допустима похибка має не перевищувати таких значень (табл. 2):

Таблиця 2 – Значення допустимої похибки іонного балансу

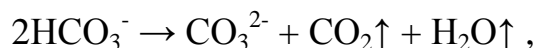
Сума концентрацій аніонів, мг-екв/л	Допуст. похибка (у \pm відносн. %)
більше 15,0	2
5,0 – 15,0	3
3,0 – 4,9	7
2,0 – 2,9	10
менше 2	не встановлена

Визначення похибки між величинами сухого залишку і мінералізації

Крім визначення похибки іонного балансу, проводять оцінку похибки між сухим залишком і мінералізацією води.

Загальний контроль за сухим залишком можливий для повного і скороченого аналізу води. Сутність способу лежить у порівнянні величини сухого залишку з мінералізацією, тобто сумою всіх розчинених речовин у вигляді іонів і молекул (за виключенням газів). Величина експериментально визначеного су-

хого залишку може відрізнятися від мінералізації за рахунок витрат під час прожарювання легких компонентів, що утворюються при розкладанні HCO_3^- , а також органічних сполук. За відсутності експериментальних даних визначають розрахований сухий залишок, при розрахунку якого необхідно взяти лише половину визначеної кількості HCO_3^- , оскільки під час прожарювання відбувається реакція:



відповідно до стехіометрії якої, відношення $\text{CO}_3^{2-} : 2\text{HCO}_3^- = 60 : 122 = 0,49$.

Розрахунок перевищення сухого залишку над розрахованою мінералізацією можна провести за формулою:

$$x = \left(\frac{C_{\text{сух. залиш.}}}{M} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

Допустима розбіжність між величинами експериментально визначеного сухого залишку і розрахованої мінералізації не має перевищувати таких значень (табл. 3):

Таблиця 3 – Значення допустимої похибки у співвідношенні сухого залишку і мінералізації

Розрахована мінералізація, мг/л	Допустиме перевищення сухого залишку над мінералізацією, %
до 100	30
100 – 500	15
500 – 5000	10
5000 – 10 000	5
> 10 000	3

Після перевірки результатів аналізу на наявність похибок іонного балансу та співвідношення сухого залишку з мінералізацією можна використовувати результати для класифікації підземних вод за хімічним складом, оцінки походження підземних вод, оцінки їхньої якості та ін.

Складання формули сольового складу води

Найзручнішою для представлення складу підземних вод різної мінералізації є процент-еквівалентна форма, оскільки вона дозволяє коректно оцінювати відносну роль кожного іону в складі води. Як правило, відсоткове співвідношення іонів обчислюють для аніонів і катіонів окремо. Тобто, для розрахунку процент-еквівалентного вмісту кожного аніону за 100 %-екв приймають суму еквівалентних концентрацій усіх аніонів. Таким же чином відсотковий вміст кожного катіону визначають із суми еквівалентних концентрацій катіонів. У

таблиці 4 наведено приклад результатів визначення процент-еквівалентного вмісту в пробі води.

Таблиця 4 – Приклад розрахунку процент-еквівалентного складу води

Аніони	мг/дм ³	мг-екв./дм ³	%-екв.	Катіони	мг/дм ³	мг-екв./дм ³	%-екв.
HCO ₃	494	8,10	50,55	Ca	115,2	5,76	35,37
SO ₄	306,2	6,38	39,82	Mg	23,1	1,90	11,67
Cl	46	1,30	8,09	Na	186	8,09	49,65
NO ₃	15,3	0,25	1,54	K	21	0,54	3,31
Σ А	861,5	16,03	100	Σ К	365,3	16,29	100

За результатами обчислення процент-еквівалентного вмісту іонів складають формулу сольового складу або формулу Курлова, яка дозволяє класифікувати дану воду за іонами, що переважають, та наочно відобразити загальний склад води.

Формула сольового складу представляє собою псевдодріб, у числівнику якого вказують аніони з їхнім процент-еквівалентним вмістом за порядком зменшення, у знаменнику – катіони у такому ж порядку. До формули підставляють зазвичай ті іони, вміст яких перевищує 1, 5 або 10 %-екв. Величини %-екв округлюються до цілих значень.

Ліворуч від дробу скорочено показують величину мінералізації (М) у г/дм³ і вміст специфічних компонентів (розчинені гази, радіоактивні речовини). Праворуч від дробу вказують фізико-хімічні показники води (рН, Eh, температуру тощо).

За складеною формулою воді надають назву, до якої включають іони, вміст яких становить не менше 25 %-екв. Як правило, назву складають від іонів з меншою концентрацією до іонів з більшою концентрацією. Наприклад, для результатів аналізу, наведених у табл. 4, формула виглядатиме так:

$$M \ 1,2 \ \frac{HCO_3 \ 51 \ SO_4 \ 40 \ Cl \ 8}{Na \ 50 \ Ca \ 35 \ Mg \ 12}$$

Склад цієї води за формулою можна класифікувати як сульфатно-гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий.

Мінералізацію води розраховують як суму всіх визначених іонів у воді у масових концентраціях (мг/дм³). Зауважимо, що якщо хоча б один з макрокомпонентів (HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) у воді не визначався і не входив до розрахунків цієї суми, величина мінералізації вийде некоректною.

Оцінка якості підземних вод згідно вимог до питної води

В Україні якість питних вод нормується Державними санітарними нормами і правилами (ДержСанПіН) 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» та ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання». Під час оцінки визначають ті показники, за якими проба води не відповідає встановленим нормативам, а також оцінюють величину цих перевищень, яку виражають у частках гранично допустимих значень або концентрацій (ГДК).

В оцінці за вимогами ДержСанПіН 2.2.4.171-10 необхідно звертати увагу, що у цьому документі наведені різні гранично допустимі значення для різних типів водопостачання (водопровідної води, колодязів і каптажів джерел). Важливим моментом є наявність у переліку компонентів, що нормуються, показників фізіологічної повноцінності води – сухий залишок, кислотність (рН), лужність, фториди, загальна жорсткість, вміст калію, магнію, натрію та інші. Для їхнього вмісту встановлені рекомендовані діапазони, яких слід дотримуватися для забезпечення збалансованого для здоров'я сольового та кислотно-лужного балансу питної води. За результатами оцінки може статися, що якогось із цих компонентів у води надмірно мало, і така вода має проходити додаткову підготовку перед постійним вживанням для питних потреб.

Результати оцінки доцільно зводити у таблицю, в якій іншим кольором або напівжирним шрифтом виділяти ті компоненти або показники, які не відповідають встановленим вимогам. Окремо для них слід розрахувати ступінь невідповідності, тобто у скільки разів спостерігається перевищення (частки гранично допустимих концентрацій).

Завдання до контрольної роботи

Контрольна робота для студентів заочної форми навчання має містити такі виконані завдання:

1. Представити вихідні дані аналізу підземної води в еквівалентній формі (у мг-екв./дм³), використовуючи формули перерахунку.
2. Розрахувати суми концентрацій аніонів і катіонів в еквівалентній формі та визначити похибку іонного балансу. Оцінити, чи є визначена похибка допустимою, згідно встановлених вимог.
3. Розрахувати мінералізацію води як суму масових концентрацій усіх визначених аналізом іонів у воді.
4. Визначити похибку перевищення сухого залишку величиною мінералізації води, оцінити, чи є визначена похибка допустимою, згідно встановлених вимог.
5. Визначити загальну жорсткість води, як сумарний вміст іонів кальцію і магнію в еквівалентній формі.
6. Розрахувати процент-еквівалентний вміст усіх іонів у воді, приймаючи суми катіонів і аніонів окремо за 100%.
7. Скласти формулу сольового складу води (формулу Курлова), до якої підставити ті іони, вміст яких перевищує 1 %-екв. До формули також включити всі можливі показники, що наведені у вихідних даних з аналізу води.
8. Дати воді назву, тобто класифікувати її за переважаючими іонами, беручи до назви лише ті іони, вміст яких не менше 25 %-екв.
9. На основі нормативних документів і стандартів оцінити відповідність даної води вимогам до питних вод, що діють в Україні. До оцінки слід включати усі наявні показники та компоненти, які є у вихідних даних та нормуються у воді. Для підвищення об'єктивності оцінки доцільно також залучити інші нормативи, такі як Директива Європейського союзу щодо якості води, призначеної для споживання людиною (COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption) та Настанови з якості питних вод Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, 2011). Результати оцінки звести у таблицю, яку доповнити висновками щодо наявності невідповідностей вимогам.
10. Контрольну роботу оформити у довільному форматі у складі документу MS Word або Adobe PDF та здати на перевірку в електронному та роздрукованому вигляді.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Участь підземних вод у геологічному кругообігу речовини у літосфері
2. Регіональні проблеми забруднення ґрунтових і міжпластових вод на території України
3. Методика відбирання проб підземних вод із спостережних свердловин, колодязів, каптажів джерел
4. Санітарно-гігієнічні вимоги до конструкцій водозабірних свердловин, колодязів і каптажів джерел
5. Джерела забруднення підземних вод у Харківському регіоні
6. Технічний стан каптажів джерел у м. Харків та санітарний стан прилеглої території
7. Санітарний паспорт свердловини водопостачання та джерела
8. Характеристика питних водоносних горизонтів Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну
9. Артезіанські водоносні горизонти (реліктові підземні води) як альтернативне джерело водопостачання у містах
10. Методики й підходи до оцінювання захищеності підземних вод від забруднення
11. Принципи та засоби моделювання процесів забруднення підземних вод
12. Формування ореолів забруднення у водоносному горизонті
13. Процеси забруднення підземних вод під час підземного видобування корисних копалин
14. Інтрузія морських вод у підземні водоносні горизонти в прибережних зонах
15. Принципи розрахунків зон санітарної охорони водозаборів підземних вод
16. Режим зони санітарної охорони водозаборів
17. Процеси самоочищення забруднених підземних вод
18. Причини й наслідки підтоплення територій
19. Інженерні споруди захисту підземних вод від забруднення – протифільтраційні екрани, завіси
20. Принципи організації локального моніторингу підземних вод на ділянках розташування джерел забруднення (накопичувачів стічних вод, полігонів і звалищ відходів, трас трубопроводів)

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання контрольної роботи та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ
(модуль 2 «Підземні води»)

*(для студентів 3 курсу 6 семестру денної та 4 курсу 7 семестру заочної форм
навчання напряму 6.040601 – Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування)*

Укладач: **ДЯДІН** Дмитро Володимирович

Відповідальний за випуск *А. М. Буткевич*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2014, поз. 70М

Підп. до друку 07.05.2015 р.

Друк на різнографі

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 0,7

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.