

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра геології та гідрології

01-05-228М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«ОХОРОНА ПІДЗЕМНИХ ВОД»
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Прикладна геологія та захист довкілля в надрокористуванні»
спеціальності 103 «Науки про Землю»
денної форми навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості ННІ
ВГП
Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «**Охорона підземних вод**» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Прикладна геологія та захист довкілля в надрокористуванні» спеціальності 103 «Науки про Землю» денної форми навчання [Електронне видання] / Холоденко В. С.– Рівне : НУВГП, 2023. – 126 с.

Укладач: Холоденко В. С., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології.

Відповідальний за випуск: Мельничук В. Г., доктор геологічних наук, професор, в. о. завідувача кафедри геології та гідрології.

Керівник ОПП

Косяк Д. С.

Голова науково-методичної ради з якості ННІ ВГП

Сафоник А. П.

© В. С. Холоденко, 2023
© НУВГП, 2023

Зміст	стор.
Вступ.....	4
1. Особливості міграції підземних вод	5
2. Виконання аналізу та оцінювання території за гідрогеологічною картою України	8
3. Ліквідація гідрогеологічних свердловин для захисту підземних вод	9
4. Визначення хімічного складу підземних вод	12
5. Вивчення основних забруднювачів підземних вод.....	18
6. Розрахунки розмірів відшкодування збитків заподіяних при забрудненні питних підземних вод	32
7. Вивчення методик міграційних розрахунків	36
8. Оцінки масштабів забруднення підземних вод	44
9. Виконання опису гідрогеологічних та гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів басейну річки та визначення середньобагаторічної величини підземного живлення річки.....	52
10. Вивчення підземного іонного стоку та виконання задач з його використанням	61
11. Розрахунок зон санітарної охорони водозабору підземних питних вод	66
12. Визначення витрати потоку підземних вод на основі розчленування гідрографа загального стоку річки.....	71
13. Виконання оцінки захищеності підземних (грунтових) вод.....	79
14. Виконання оцінки захищеності напірних підземних вод.....	87
15. Вивчення основних видів робіт що виконуються при «Оцінці впливу на довкілля» стосовно охорони підземних вод.....	94
Додатки.....	111
Питання гарантованого рівня знань.....	119
Рекомендована та базова література.....	122
Допоміжна література.....	123
Інформаційні ресурси.....	125

Вступ

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «**Охорона підземних вод**».

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Охорона підземних вод» складені відповідно до силабуса (01-05-205S) охоплюють всі змістові модулі з кількістю 5 кредитів, передбачених блоком вільного вибору дисциплін.

Навчальна дисципліна «Охорона підземних вод» належить до складової частини циклу вибіркових дисциплін для підготовки магістрів за спеціальністю 103 «Науки про Землю», що викладається, відповідно, на 5 курсі у 10-му семестрі в обсязі 150 годин (20 годин – лекції, 30 годин – практичні, 100 годин – самостійна робота). Закінчується — екзаменом.

Сучасний ринок праці вимагає від фахівців глибоких теоретичних знань та професійно-практичних компетентностей з охорони підземних вод, тому важливою частиною у підготовці майбутнього магістра із спеціальності 103 «Науки про Землю» за освітньо-професійною програмою «Прикладна геологія та захист довкілля в надрокористуванні» є вивчення навчальної дисципліни «Охорона підземних вод».

Метою викладання навчальної дисципліни «Охорона підземних вод» є надання майбутнім магістрам знань та навичок у забезпеченні нормативно-правового регулювання з питань охорони підземних вод; вивчення правил та нормативів з охорони, відтворення підземних вод, збереження їх від виснаження; раціонального використання водних ресурсів, а саме, підземних вод, практичної їх експлуатації; вивчення лімітів забору й використання підземних вод, скиду забруднюючих речовин у водні об'єкти й підземні горизонти; ознайомлення із методиками з встановлення технологічних нормативів у цій сфері. Тобто, надати базові знання про систему використання, охорону й захист підземних вод від забруднення, виснаження і вичерпання запасів без деградації для водних екосистем.

Здобувачі вищої освіти будуть мати можливість опанувати наступні рівні компетентності:

- вміти визначати джерела і шляхи впливу техногенної діяльності на стан підземних вод;
- вміти аналізувати гідрогеологічні системи для визначення перспектив родовищ підземних вод;
- вміти обчислювати розміри зон санітарної охорони;
- вміти розробляти профілактичні, локалізаційні та відновлювальні заходи з охорони підземних вод від забруднення, виснаження й вичерпання запасів;
- вміти опрацьовувати різні методики експлуатації та охорони підземних вод;
- вміти застосовувати набуті знання у практичних ситуаціях.

Методичні вказівки покликані допомогти здобувачам у виконанні практичних робіт з навчальної дисципліни «Охорона підземних вод», вони містять теоретичний матеріал змістового модуля, методику виконання практичних робіт, завдання, питання гарантованого рівня знань, додатки, рекомендовану базу та допоміжну літературу.

Уважне вивчення наведеної інформації і схем, опрацьовування питань гарантованого рівня знань допоможуть здобувачам успішно справитися з завданнями, складанням екзамену з навчальної дисципліни.

1. Особливості міграції підземних вод

Метою є: 1. Ознайомитися з поняттям міграції підземних вод. 2. Складовими процесу міграції та факторами, що викликають цей процес. 3. Ознайомитися з механізмом основних видів процесу міграції в підземних водах.

Завдання. Вивчити основні особливості міграції підземних вод.

Методика виконання. Розглянемо головні питання та відповіді до них:

1. Що таке «міграція підземних вод»?

Це процеси переносу тепла та речовин у підземних водах, коли розглядається переміщення окремих часток рідини по порах і тріщинах гірських порід з урахуванням фізико-хімічних змін рідини та її компонентів. Ці зміни відбуваються при фільтрації за рахунок взаємодії рідини з гірськими породами та іншими рідинами.

2. Які види течії виділяють у ДПВ у зв'язку з розглядом процесу міграції підземних вод?

При розгляді процесів міграції підземних вод, із врахуванням стану середовища, в якому рухається рідина, розглядаються **гравітаційні, елізійні та змішані течії**.

3. Що таке «гравітаційні течії»?

Це течії, що виникають у зв'язку зі зміною по площі розповсюдження водоносних горизонтів гідродинамічного напору, а також внаслідок нерівномірного розподілу густини, температури та концентрації рідин у водоносних горизонтах.

4. Що таке «елізійні течії»?

Такі течії виникають за рахунок зміни об'єму порового простору та рідини, що міститься у порах. Така зміна об'єму може бути спричинена тектонічним тиском, тиском розташованих вище гірських порід, або процесами мінералогічного перетворення середовища.

5. Що таке «змішані течії»?

В таких течіях гравітаційна та елізійна складові проявляються одночасно.

6. Які існують механізми міграції підземних вод?

Існує **конвекційний** та **кондуктивний перенос**.

7. Що таке «конвекційний перенос»?

Це перенос тепла та маси речовини потоком рідини, що рухається (фільтраційним потоком).

8. Що таке «кондуктивний перенос»?

Це перенос тепла та маси речовини дифузійним (молекулярним) шляхом у нерухомій рідині.

9. Що таке «гідродисперсія»?

У зв'язку з тим, що процеси міграції ускладнюються неоднорідністю порового середовища, в процесі фільтрації

рідини має місце інтенсивне перемішування часток води, що обумовлює специфічні умови одночасної дії конвекційного та кондуктивного переносу. Такий механізм отримав назву гідродинамічної дисперсії, або конвективної дифузії (рис. 1.1).

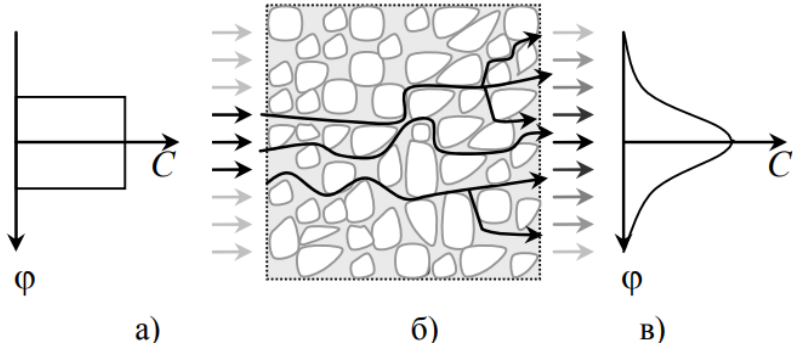


Рис. 1.1. Схема гідродинамічної дисперсії: а) профіль концентрації до входу в ґрунт; б) траєкторії міграції речовини у ґрунті; в) профіль концентрації після міграції

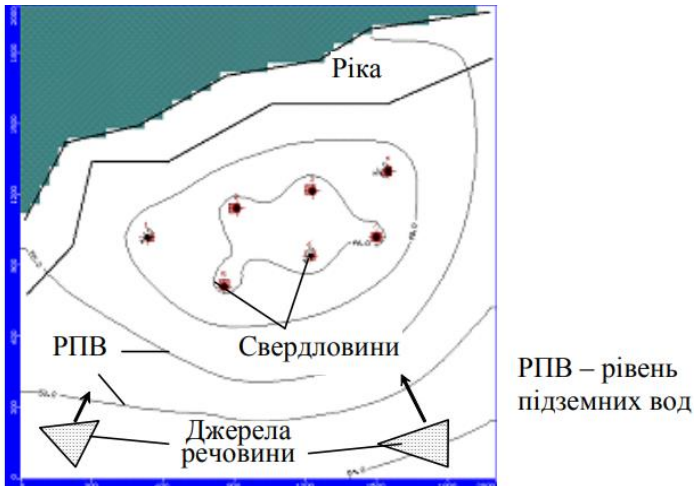


Рис. 1.2. Схема фільтрації та міграції в районі водозабору при його захисті

2. Виконання аналізу та оцінювання території за гідрогеологічною картою України

Метою є: Виконати аналіз та оцінювання території за гідрогеологічною картою України.

Завдання. Проаналізувати та виконати оцінювання території за гідрогеологічною картою України (Додаток А) і вихідними даними таблиці 2.1 згідно методики виконання.

Методика виконання. Вихідні дані для виконання роботи наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані для аналізу та виконання оцінювання території за гідрогеологічною картою України

№ з/п	Номер варіанта	Область України
1	Варіант 1	Рівненська
2	Варіант 2	Львівська
3	Варіант 3	Тернопільська
4	Варіант 4	Чернівецька
5	Варіант 5	Закарпатська
6	Варіант 6	АР Крим
7	Варіант 7	Харківська
8	Варіант 8	Луганська
9	Варіант 9	Донецька
10	Варіант 10	Хмельницька
11	Варіант 11	Вінницька
12	Варіант 12	Київська
13	Варіант 13	Черкаська
14	Варіант 14	Волинська
15	Варіант 15	Кіровоградська
16	Варіант 16	Дніпропетровська

Виконання оцінювання та аналіз гідрогеологічної обстановки на відповідній території здійснюємо в такій послідовності:

1. Здійснити “вірізування” своєї досліджуваної області згідно варіанта із карти та вставити у практичну роботу як рисунок, не порушуючи масштабування.

2. Встановити гідрогеологічний район до якого належить ваша область (з I-VII).

3. Встановити основні водоносні горизонти та комплекси у відкладах геологічних ер, визначити їх розміщення, площу, враховуючи масштаб карти 1:7 000 000.

4. Оцінити та встановити ділянки розповсюдження підземних вод з високою мінералізацією чи практично безводних порід, встановити їх площу (враховуючи масштаб карти) та розповсюдження по області.

5. Якщо по області є поширення районів з мінеральними водами, то встановити і оцінити показання до вживання цих мінеральних вод при різних захворюваннях.

6. Встановити наявність основних біологічно активних компонентів (мікроелементів), їх розміщення по області.

3. Ліквідація гідрогеологічних свердловин для захисту підземних вод

Метою є: засвоїти методику ліквідації свердловин, що виконали своє призначення у складних гідрогеологічних умовах.

Завдання. Розрахувати необхідну кількість цементу для технологічного цементування колони обсадних труб у свердловині згідно вихідних даних таблиці 3.1.

Методика виконання. При спорудженні експлуатаційних гідрогеологічних свердловин для видобутку питних, мінеральних або технологічних вод особливими є вимоги щодо забезпечення стерильності водоносного горизонту підземних вод від техногенного забруднення. Як правило, такі свердловини споруджуються обґрунтованими проектними розрахунками та визначеними термінами експлуатації. По завершенні їхнього функціонування, або внаслідок аварійності у складних геолого-гідрогеологічних умовах свердловини підлягають спеціальному тампонажу.

В наш час ґрунтові підземні води, що циркулюють у неглибоких водоносних горизонтах та комплексах у незахищених колекторах можуть легко забруднюватись від поверхневих джерел, комплекс яких поступово розширюється та урізноманітнюється.

Для збереження природної якості питної води та сольового складу мінеральних вод необхідне технічне забезпечення герметичності умов водовидобутку.

При бурінні свердловин на ґрунтові та міжпластові і артезіанські води їх стовбури ізолюються трубними колонами до глибини покрівлі цільового водоносного комплексу. Обсадна колона труб цементується у призабійній частині та під високим тиском цементний розчин проникає у позатрубний простір та піднімається на контрольовану висоту, кольматуючи усі тріщини в інтервалі 15 – 25 м, в залежності від інженерно-геологічних властивостей породного масиву. Впродовж, як мінімум трьох діб відбувається затвердіння, чим і забезпечується ізоляція цільового горизонту чи комплексу.

Обсадна колона – це колона обсадних труб, яка призначена для кріплення бурових свердловин, а також ізоляції продуктивних горизонтів при експлуатації; складається з обсадних труб шляхом послідовного їх згинчування (іноді зварювання) (рис. 3.1).

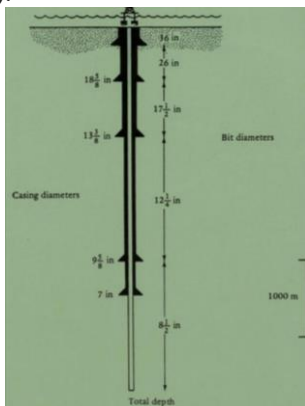


Рис. 3.1. Діаметри обсадної колони свердловини

Діаметри експлуатаційних колон можуть бути від 114 — 68 мм, проміжних колон 178 — 503 мм. Довжина їх досягає 7000 м, а маса 350 — 400 т. Для спуску колон використовуються вежа, лебідка, талева система, а також механізми для підвищення спущеної колони в гирлі свердловини.

Розрахунок цементування колон. Встановлений у свердловину кондуктор (коротка труба великого діаметру) цементується в першу чергу.

Витрати часу на цей вид робіт становлять (ЗУКН 13 (збірник укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи), т. 4.4, розділ 1):

$$1 \cdot 0,8 = 0,18 \text{ верстато-зміни.}$$

Витрати (об'єм) цементного розчину на цементування затрубного простору розраховуються за формулою:

$$V = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot H \cdot K, \quad (3.1)$$

де D – діаметр свердловини, мм (діаметр свердловин може бути до 1,2 м визначається із її призначенням); d – зовнішній діаметр обсадної колони, мм; H – висота підйому цементу у затрубному просторі, м; K – коефіцієнт кавернозності свердловини, який рівний 1,05.

Наприклад, маємо діаметр обсадної колони 219 мм, діаметр свердловини 346 мм, тоді витрати (об'єм) цементного розчину складе:

$$V = 0,785 \cdot (0,346^2 - 0,219^2) \cdot 15 \cdot 1,05 = 0,8 \text{ м}^3.$$

Для приготування 1 м^3 цементного розчину необхідно 1,25 т сухого цементу.

Отже, всього для цементування свердловини необхідно:

$$0,8 \cdot 1,25 \text{ т} = 1,0 \text{ т сухого цементу.}$$

Вихідні дані для розрахунку цементування колони представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку цементування колони

Варіант	Висота підйому цементу у затрубному просторі, H , м	Діаметр свердловини, D , мм	Зовнішній діаметр обсадної колони, d , мм
1	15	220	300
2	10	247	300
3	25	257	320
4	35	289	310
5	20	350	310
6	27	570	450
7	17	680	470
8	11	985	490
9	9	356	310
10	8	420	252
11	7	670	300
12	45	1200	503
13	40	1110	490
14	12	1000	475
15	16	397	320
16	5	120	170

4. Визначення хімічного складу підземних вод

Метою є: вивчення різних методів визначення за хімічним лабораторним аналізом води хімічного складу підземних вод.

Завдання. Користуючись хімічним аналізом води (згідно вихідних даних табл. 4.1) необхідно перерахувати вміст іонів із мг/л в мг-екв/л та % мг-екв форму. Визначити похибку аналізу. Провести вираження хімічного аналізу води за класифікацією О.А. Альокіна, формули М.Г. Курлова, графічного зображення хімічного складу підземних вод у вигляді графіків-трикутників та квадрата М.І. Толстихіна.

Методика виконання. Вихідні дані до визначення хімічного складу підземних вод (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Варіант	Вміст іонів в мг/л						Температура, Т, °С	Витрата, Q, м ³ /добу
	Аніони			Катіони				
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	353	126	168	8	26	247	10	200
2	322,1	96,0	24,3	88,2	12,2	57	14,2	200
3	-	557,7	298	136,3	12,2	280	7,8	200
4	173	1	2168	120	62	1217	10	200
5	329,4	192	21	100,2	30,4	89,6	7,8	200
6	366	264,8	206	220,4	4,9	135	9,2	200
7	554,9	204	194	225	9,0	4	16	200
8	488	172,8	156,2	124,2	9,7	206	12,1	200
9	439,2	691,2	227,2	260,5	30,4	287	8,9	200
10	97,6	-	298,8	16,03	4,86	202	14,8	200
11	219,6	96	14,2	90,2	14,6	6,9	11,9	200
12	270,8	691,2	553,8	204,4	46,2	469	7,8	200
13	97,6	56,4	28,4	32	9,7	27,6	17,2	200
14	610	144	227,2	280,6	63,2	4,6	11,2	200
15	536,8	139,2	213	258,6	52	11,5	17,3	200
16	390,2	19,2	21,3	88,2	24,3	23	10,7	200
17	213,4	96,2	42,6	64,1	26,8	6,9	11,5	200

Приклад. Дано хімічний аналіз води у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Варіант	Вміст іонів в мг/л						Температура, Т, °С	Витрата, Q, м ³ /добу
	Аніони			Катіони				
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	353	126	168	8	26	247	10	200

1. 1). Встановимо атомні маси: HCO_3^- – 61,018; SO_4 – 96,066; Cl – 35,457; Ca – 40,08; Mg – 24,32; Na – 22,997.

Якщо атомну (іонну) масу будь-якого іона розділити на його

валентність, отримаємо *еквівалентну масу*. Наприклад, атомна маса для 1 варіанта Са - 40,08, валентність - 2, отже еквівалентна маса буде дорівнювати $40,08:2=20,04$. Для сульфат - іону (SO_4) іонна маса дорівнює $32,07+16\cdot4=96,07$, валентність - 2, еквівалентна маса - $96,07:2=48,035$

2). Частка від ділення одиниці на еквівалентну масу дає *перерахунковий коефіцієнт* для Са - 1: $20,04=0,0499$ і для SO_4 перерахунковий коефіцієнт 1: $48,035=0,0208$.

3). Для переведення в *міліграм-еквівалентну* і далі в *процент-міліграм-еквівалентну* форми ведемо у табличній формі (таблиця 4.3.). Для вираження в мг-екв. Форму, потрібно вміст кожного іона в мг/л помножити на перерахунковий коефіцієнт, наприклад для іона $HCO_3= 353\cdot0,0164=5,79$

Таблиця 4.3

Розрахункова таблиця переведення вмісту іонів в різні форми

Іон	Вміст в мг/л	Перерахунковий коефіцієнт	Форма мг-екв	Форма % мг-екв
Аніони: HCO_3^-	353	0,0164	5,79	44,04
SO_4^{2-}	126	0,0208	2,62	19,92
Cl^-	168	0,0282	4,74	36,04
Разом	647	-	13,15	100
Катіони: Na^+	247	0,0435	10,74	80,87
Ca^{2+}	8	0,0499	0,40	3,01
Mg^{2+}	26	0,0822	2,14	16,12
Разом	281	-	13,28	100
Всього	928	-	26,43	200

При визначенні % мг-екв вмісту кожного іона поступають наступним чином. Суму аніонів в мг-екв приймають за 100%, а вміст кожного іона приймають за *x*. Наприклад для HCO_3 :

$$X_{HCO_3}=(5,79\cdot100):13,15=44,04 \text{ \% мг-екв}$$

4). При проведенні аналізу хімічного складу води можуть бути допущені неточності. Допустима похибка аналізу повинна бути не більшою 5%. Похибка визначається за виразом:

$$\Delta = \left| \frac{\Sigma A - \Sigma K}{\Sigma A + \Sigma K} \right| \cdot 100\% \leq 5\%, \quad (4.1)$$

де Δ – похибка, ΣA і ΣK – сумарні вмісти аніонів і катіонів в мг-екв. В нашому прикладі

$$\Delta = \left| \frac{13,15 - 13,28}{13,15 + 13,28} \right| \cdot 100\% = 4,92\% \leq 5\%.$$

Похибка нижча допустимої. Отже, аналіз хімічного складу води виконано вірно.

Якщо при розрахунку, отримаєте похибку більше 5%, то хімічний лабораторний аналіз води необхідно повторити, але в навчальних цілях приймаємо, що похибка знаходиться в межах норми.

Аналогічним способом визначають вміст інших іонів.

2. Для співставлення результатів аналізів води застосовують різні класифікації і способи скороченого вираження складу. Найчастіше використовується класифікація, яка ґрунтується на виділенні *класів* підземних вод за переважаючим аніоном, *груп* – за переважаючим катіоном і *типів* вод – за співвідношенням між іонами. Виділяють чотири типи природних вод. Графічне зображення класифікації природних вод за О.А. Альокіним зображене на рис. 4.1.

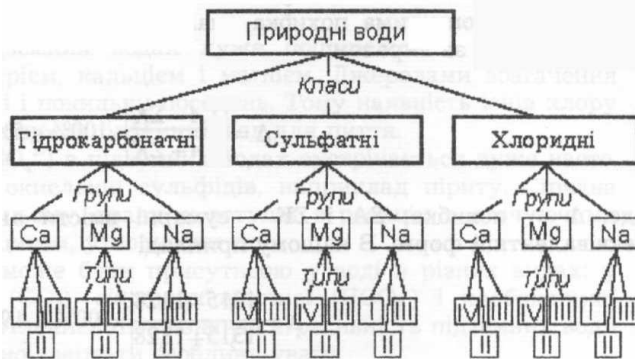


Рис. 4.1. Класифікація природних вод за О.А. Альокіним

Виділяють чотири типи природних вод: *перший тип* - $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - води лужні, м'які; *другий тип* - $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ - води малої та помірної мінералізації; *третій тип* - $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - води високомінералізовані; *четвертий тип* - $\text{HCO}_3^- = 0$ - води кислі.

В розглянутому нами прикладі, води прісні, гідрокарбонатно-натрієві, лужні, м'які (I тип).

3. Хімічний аналіз води можна виразити у вигляді формули Курлова – псевдодробу. Величину сухого залишку можна визначити за рівнянням:

$$M \approx 1,1(0,5 \times \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \approx \\ \approx 1,1((0,5 \times 353) + 126 + 168 + 247 + 0 + 8 + 26) \approx 827 \text{ мг/л} \approx 0,8 \text{ г/л.}$$

Запишемо розглянутий приклад аналізу у вигляді псевдодробу:

$$M_{0,8} \frac{\text{HCO}_{44}^3 \text{Cl}_{36} \text{SO}_{20}^4}{\text{Na}_{81} \text{Mg}_{16}} T^{\circ\text{C}} \cdot 10 \cdot Q \cdot 200,$$

де $T^{\circ\text{C}}$ – температура води при взятті аналізу, Q – витрата води з свердловини, $\text{м}^3/\text{добу}$.

4. М.І. Толстихін запропонував зображувати аналіз води точками на *квадраті*. Для цього беруть великий квадрат (рис.4.2) і розбивають його на 100 маленьких, кожен з яких має свій порядковий номер.

По горизонтальних сторонах квадрата відкладають в напрямку стрілок вміст катіонів, а по вертикалі - аніонів. В нашому прикладі $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 19,13$; $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} = 44,04$. На перетині вертикальної і горизонтальної лінії знаходимо, що вода відповідає номеру 59 – хлоридно-сульфатні натрієво-калієві.

5. Графіки-трикутники будують окремо для аніонів і катіонів (рис. 4.3). На сторонах трикутників відкладають вмісти певних іонів (в % мг-екв) і проводять лінії паралельні до сторін малих трикутників, що відсікають води даного типу від змішаних. В трикутнику на перетині трьох ліній (за трьома іонами) утворюється точка, положення якої вказує на тип води.

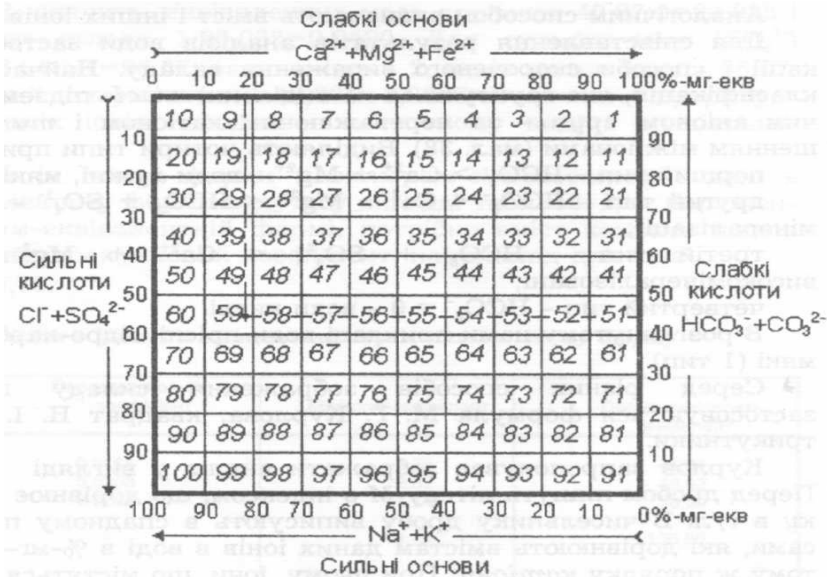


Рис.4.2. Графік-квадрат Н.І. Толстихіна

Розглянутий аналіз за аніонами попав у змішані води, а за катіонами – в натрієві.

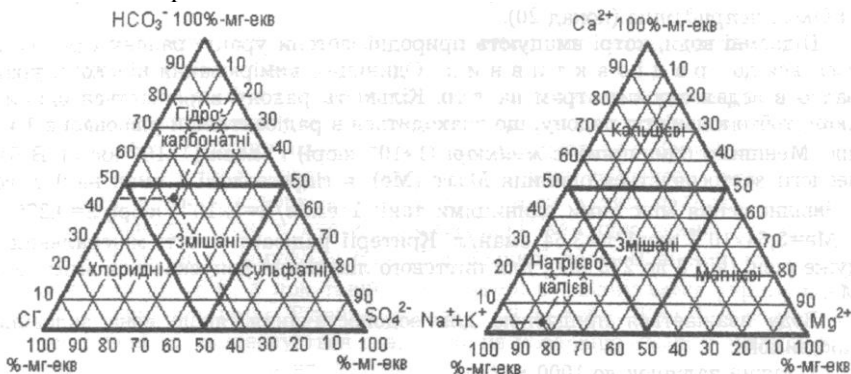


Рис.4.3. Графіки-трикутники

5. Вивчення основних забруднювачів підземних вод

Метою є: вивчення основних забруднювачів підземних вод.

Завдання. Ознайомитися та вивчити основні забруднювачі підземних вод.

Методика виконання. Речовини, що погіршують якість води в порівнянні з її природним станом і нормами водокористування, називаються забруднювальними. Вони містяться, перш за все, у відходах, що утворюються в результаті господарської діяльності людини, - промислових, комунальних, сільськогосподарських. Ці відходи скупчуються на поверхні землі, і звідти рідка їх фаза проникає в підземні води. Джерелами забруднення можуть бути і багато корисних речовин, особливо такі, як нафта та її похідні, пестициди, мінеральні добрива, хімічні реагенти й інші кінцеві продукти промислового виробництва. Нарешті, підземні води можуть забруднюватися природними некондиційними водами. Останні проникають у водоносний горизонт у процесі відбору підземних вод, але можуть забруднювати верхні водоносні горизонти і з поверхні землі, коли відкачуються в процесі видобутку корисних копалин (води шахтного і рудникового водовідливу).

Таким чином, **основними забруднювальними речовинами підземних вод за генетичною ознакою є:** а) промислові відходи, включаючи викиди автотранспорту; б) комунальні відходи; в) забруднювальні речовини сільського господарства; г) нафта і нафтопродукти; д) природні некондиційні води; е) води шахтного і рудникового водовідливу. В забруднювальні речовини сільського господарства входять як відходи (переважно тваринницькі), так і корисні агрохімічні продукти – пестициди і мінеральні добрива.

За своїм фізичним станом забруднювальні речовини підрозділяються на тверді, рідкі і газоподібні. Всі три категорії містяться в промислових відходах: майже виключно газоподібні забруднювальні речовини містяться у викидах автотранспорту, переважно тверді і рідкі – в комунальних, а також сільськогосподарських відходах.

Основне значення в забрудненні підземної гідросфери мають

рідкі речовини, які шляхом фільтрації проникають у водоносні горизонти. Тверді відходи і речовини впливають на підземні води, розчиняючись і частково переходячи в рідку фазу при випаданні атмосферних опадів або під впливом поверхневого стоку. Важливе значення в забрудненні природного середовища і підземної гідросфери мають газоподібні речовини, які на відміну від рідких і тим більше твердих речовин розповсюджуються на велику площу і впливають на підземні води в регіональному масштабі, хоча і зі значно меншим ступенем інтенсивності. Газоподібні речовини потрапляють в підземні води із пилом, який осідає на поверхні землі, із забрудненими дощовими опадами та із снігового покриву.

За хімічною ознакою забруднювальні речовини, головним чином, рідкі, можуть бути розділені на такі групи: 1) які містять, переважно, неорганічні сполуки; 2) які містять органічні сполуки; 3) які містять неорганічні і органічні сполуки; 4) які містять важкі метали; 5) які містять радіоактивні речовини.

До першої групи відносяться стічні води підприємств содової, калійної промисловості, підприємств по виробництву мінеральних добрив, кислот і ряду інших хімічних виробництв, а також природні некондиційні, шахтні і копальневі води; до другої групи – нафта і нафтопродукти, пестициди, стічні води підприємств анілінофарбової і фармацевтичної промисловості, виробництва штучних матеріалів та інше; у третій групі – стічні води нафтопереробних, коксохімічних і металургійних заводів, підприємств целюлозно-паперової промисловості, комунальні стічні води; до четвертої групи – стічні води гірничо-збагачувальних фабрик, гальванічних цехів; до п'ятої – стічні води підприємств по переробці радіоактивної сировини і атомної енергетики.

Стічні води за ступенем забрудненості і вмісту токсичних речовин (показник – кратність їх розбавлення до ГДК за найбільш токсичною компонентою) підрозділяються на три групи: високотоксичні – розбавлення понад 10^{10} разів; середньо токсичні – від 10^5 до 10^{10} разів; слаботоксичні – від 10^2 до 10^5 разів. Ознака кратності розбавлення може бути використана для

характеристики стічних вод за інтенсивністю їх забарвлення і запаху.

За стійкістю забруднювальні речовини можуть бути такими, що не розкладаються (наприклад, хлориди), дуже стійкими – час розпаду більше 10 років, стійкими – від 1 року до 10 років, нестійкими – від 1 місяця до 1 року, вельми нестійкими – менше 1 місяця.

Речовини, які забруднюють підземні води, поділяються також на консервативні (хлор, кальцій) і неконсервативні (органічні сполуки, катіонні форми металів). До перших відносяться речовини, які не вступають у взаємодію з породою, до других – такі, що взаємодіють з породою.

Коротко розглянемо забруднювальні речовини різного генезису.

Промислові відходи

Серед промислових відходів головну роль в забрудненні підземних вод відіграють промислові стічні води. Це обумовлено великою їх кількістю, високим вмістом в них різних, зокрема токсичних, компонентів.

Розглянемо на окремих прикладах, що є стічними водами і як вони утворюються.

Стічні води виробництва сірчаної кислоти діляться на умовно чисті і забруднені. Об'єм стічних вод по відношенню до виробництва 1 т сірчаної кислоти коливається в межах 45-70 м³, з них умовно чисті складають 95-97%, решта в кількості (3-5%) – забруднені води. Умовно чисті води утворюються в процесі охолодження технологічної апаратури, поступають вони безперервно і рівномірно. Забруднені стічні води утворюються, головним чином, при промивці технологічного устаткування (електрофільтри, збірники кислоти, холодильники, сірчаноокислотні башти); вони містять сірчану кислоту, сірчаноокислі солі, іноді миш'як. Умовно чисті і забруднені води відводяться роздільно, але потім для розбавлення концентрованих стоків часто змішуються.

Аналогічним чином утворюються стічні води від виробництва азотної кислоти.

Очищення стічних вод, забруднених сірчаною або азотною кислотою, полягає в їх нейтралізації.

Стічні води виробництва тринітротолуолу. Тринітротолуол отримують шляхом послідовної триразової нітрації толуолу сумішшю сірчаної і азотної кислот. Отриманий розчин відстоюють. Промивка тринітротолуолу проводиться спочатку гарячою, потім холодною водою і остаточно розчином сульфату натрію. При цьому на 1 т готового продукту утворюється 12-18 м³ стічних вод, з них 2/3 охолоджується та 2/3 промивається.

Промивні води мають колір від темно-жовтого до яскраво-червоного і запах гірко-мигдалю. Основними речовинами, що забруднюють промивні води, є тринітротолуол і різні кислоти. Так, концентрація в цих водах в середньому складає: тринітротолуолу 250-500 мг/дм³, сірчаної кислоти 2-2,5 г/ дм³, тринітробензойної кислоти 750-850 мг/ дм³. Стічні води від промивки тринітротолуолу розчином сульфату натрію відрізняються високим вмістом нітросполук (600-800 мг/ дм³). Ці ж речовини, тільки в значно менших кількостях, містяться і у водах, що охолоджують.

Стічні води виробництва нітроцелюлози. Нітроцелюлозу отримують з очищеної бавовни шляхом її обробки сумішшю сірчаної та азотної кислот і води. Стічні води утворюються, головним чином, від багатократної промивки нітроцелюлози; реакція їх може бути від нейтральної до сильно кислої; вони містять кислоти, нітроцелюлозу і інші органічні речовини. При обробці целюлози скидається суміш кислот, яка складається приблизно на 70% з сірчаної кислоти і на 20% з азотної кислоти. Близько 2/3 цієї суміші потрапляє в стічні води. Нітроцелюлоза, що міститься в стічних водах, додає їм характерний запах. Кількість стічних вод на великих заводах становить більше 10 тис. м³/д, з них близько 80% – води з реакцією від нейтральної до слабо кислої (так звані солодкі води), близько 15% – сильно кислих вод і 5% – відносно чисті, призначені для охолодження води.

Стічні води виробництва нітробензолу. Нїтробензол отримують шляхом нітрації бензолу сумішшю сірчаної та

азотної кислот. Стічні води поступають від промивки бензолу і його охолодження. Для вод після промивки характерні червоно-бурий або жовтий колір, різкий запах, висока мінералізація (30-60 г/дм³), значний вміст нітропродуктів (1,5-3,2 г/дм³), сульфатів (10-23 г/дм³), сірчаної і азотної кислот (1-2 г/дм³). Для зникнення запаху і забарвлення необхідне розбавлення 1:2000-1:4000. Кількість стічних вод від всіх виробничих процесів досягає 50-60 м³ на 1 т нітробензолу.

Очищення стічних вод виробництва нітротолуолу, нітроцелюлози і особливо нітробензолу, зважаючи на їх токсичність, сильний запах і інтенсивне забарвлення, є дуже складним.

Стічні води виробництва соди підрозділяються на дві групи: умовно чисті (80-85% загального стоку) та забруднені (15-20%). Основною забруднювальною речовиною стічних вод є дистильована рідина. В її склад у великих кількостях входять хлористий натрій, хлористий кальцій, гідроокис магнію та інше. Стічні води містять велику кількість домішок, суспензій і шламу. Мінералізація забруднених стічних вод дуже висока і складає 150-200 г/дм³; їх розбавляють умовно чистими стічними водами. Об'єм стічних вод на содовому заводі коливається залежно від його потужності і технології виробництва в межах 20-40 тис. м³/д.

Стічні води виробництва тетраетилсвинцю. Характерною особливістю стічних вод цього виробництва є наявність в них специфічних забруднювальних речовин – тетраетилсвинцю і мінерального свинцю, що обумовлює їх високу токсичність, а також дуже велику мінералізацію (250-320 г/дм³) так званих кубових залишків. Через дуже високу токсичність тетраетилсвинцю стічні води потребують спеціального очищення. До неї відносяться поглинання свинцю, що міститься у воді, активованим вугіллям, хлорування стічних вод, руйнування тетраетилсвинцю хімічним і електролітичним шляхом та інше.

Стічні води підприємств анілінофарбової промисловості. Отримання органічних фарбників пов'язане з багатостадійною

переробкою початкової сировини і отриманням великого числа проміжних продуктів. Найбільш забрудненою стічною водою цих виробництв є фільтрати маткових розчинів, що характеризуються дуже високою мінералізацією (понад 100 г/дм³). Склад концентрованих стічних вод різноманітний; у великих кількостях в них містяться хлористі, сірчисті і сірчаноокислі солі натрію, луги, гіпосульфит, органічні сполуки і інші речовини. Витрата стічних вод на 1 т продукції коливається від 5 до 30 м³/д. Методи очищення стічних вод виробництва органічних фарбників ще недостатньо ефективні.

Стічні води фармацевтичних підприємств відрізняються великою різноманітністю по складу і кількості. До складу стічних вод входять маткові луги, різні органічні речовини, продукт виготовлення та його основні частини; досить часто вони містять токсичні речовини. Наприклад, при отриманні антибіотиків утворюються наступні види відходів: відпрацьовані живильні розчини з дуже високим вмістом органічних речовин (БПК₅ від 4000 до 8000 мг/дм³), мінеральних і органічних солей, вуглеводів, кислот; промивні води, забруднені кислотами, лугами, ацетоном; промивні води, що містять значну кількість органічних сполук (БПК₅ від 600 до 2500 мг/дм³).

Стічні води виробництва фтору. Початковою сировиною зазвичай є плавиковий шпат. При виробництві фтору виробляється фтористоводнева кислота, її солі, зокрема подвійна натрієво-алюмінієва сіль (синтетичний кріоліт), і інші продукти. Стічні води включають води охолодження і промивні води, що утворюються при отриманні кріоліту. Всі стічні води мають сильно виражену кислу реакцію (рН \approx 2,2), містять соляну і плавикову кислоти (промивні води) і багато шламу.

Навіть ці окремі приклади промислових стічних вод показують, наскільки вони різноманітні по складу і яку велику кількість забруднювальних речовин можуть містити. Для більшості промислових стічних вод характерні висока мінералізація, інтенсивне забарвлення і запах. Наприклад, стічні води виробництва соди, мінеральних кислот, калійних добрив, тетраетилсвинцю, ртуті, йоду і бромиду відрізняються дуже

високою мінералізацією – від 70 до 250 г/дм³. Така висока мінералізація стічних вод обумовлює їх велику густину в порівнянні з щільністю прісних і слабо солених підземних вод. Разом з цим стічні води ряду виробництв, наприклад, целюлози, штучного каучуку, штучного волокна, відрізняються порівняно невеликою мінералізацією і в той же час високим вмістом токсичних речовин.

Промислові стічні води більшості виробництв мають підвищену температуру (40-60°C), а деякі, як, наприклад, стічні води виробництва соди, окислу етилену, жирних кислот, – високу температуру (до 80°C). Багато стічних вод (виробництва нітросполук ртуті, фарбників та інше) інтенсивно забарвлені і вимагають дуже великого розбавлення для зникнення забарвлення.

У стічних водах нерідко містяться у великих кількостях зважені речовини (наприклад, в стічних водах виробництва целюлози, підприємств текстильної промисловості, гірничозбагачувальних фабрик і інших видів виробництв).

Кількість стічних вод промислових підприємств змінюється в широких межах – від сотень до тисяч і десятків тисяч кубічних метрів на добу. Великі кількості стічних вод, що обчислюються десятками тисяч кубічних метрів на добу, утворюються в процесі виробництва соди, мінеральних добрив, целюлози, переробки нафти. Необхідно відзначити наступну важливу обставину, що стосується кількості промислових стічних вод. На підприємстві утворюються стічні води двох видів: умовно чисті і забруднені. Хоча перші і називаються умовно чистими, але в більшості випадків вони є безумовно забрудненими. Загальний стік підприємства включає і ті, та інші. Зазвичай забруднені води складають 20-30% загальної кількості стічних вод, що скидаються підприємством. З погляду санітарної безпеки навколишнього середовища і підземних вод, найбільш важливе очищення і утилізація забруднених стоків.

Серед забруднювальних речовин, що містяться в промислових стічних водах, значну частку складають органічні сполуки. В стічних водах можуть міститися: гумінові речовини,

ПАВ, матеріали флоатацій гірничодобувних підприємств й збагачувальних фабрик; ціаніди, феноли, смолоподібні компоненти металургійних заводів; гумінові речовини, ціаніди, феноли коксохімічних заводів; метанол, фурфурол, тімол, розчинні вуглеводні, меркаптани, сульфідні, лігнін і його похідні, терпени, смоляні кислоти підприємств по виробництву целюлози; продукти розпаду білка, чинбові речовини, мила підприємств шкіряної промисловості; смоляні кислоти, полісахариди, клейковина, целюлозні волокна, засоби флоатацій паперового виробництва.

Особливе місце серед промислових стічних вод займають теплообмінні води. Вони утворюються практично на всіх промислових підприємствах, але, насамперед, на енергетичних установках. Теплообмінні води не забруднені хімічними речовинами і відрізняються тільки високою температурою (до 50-60°C).

Викиди автотранспорту

Одним з основних забруднювачів природного середовища і особливо атмосфери в великих населених пунктах є автотранспорт. В окремих містах забруднення атмосфери автотранспортом досягає 60-80% загального газодимового викиду забруднювальних речовин.

До складу вихлопних газів автомобілів входять вуглекислий газ, окисел вуглецю (від неповного згорання палива), оксиди азоту, альдегіди, вуглеводні (етан, метан, етилен, бензол, пропан, ацетилен, толуол, бутан), складні ароматичні вуглеводні (сірчистий газ, свинець, цинк, тетраетилсвинець). З цих речовин найбільш характерні для викидів автотранспорту свинець, бенз(а)пірен, окисел вуглецю, тетраетилсвинець. Слід зазначити, що бенз(а)пірен є активним канцерогеном. Він потрапляє в зовнішнє середовище сорбованим на частинках сажі і пилу. Протягом сотень діб він зберігається в ґрунті: через 120 діб в пробах ґрунту залишається до 50 % його первинної кількості, внесеної до ґрунту. Підвищений його вміст відмічається у великих містах. Наявність бенз(а)пірену в ґрунті може вплинути на протікання процесу нітрифікації: у малих кількостях (0,1-0,5

міліграм у 1кг ґрунту) він стимулює цей процес, а у великих кількостях (10 мг і більше в 1кг ґрунту) – пригнічує його.

Комунальні відходи

Під комунальними відходами розуміються відходи непромислового походження, що утворюються в населених пунктах, а саме: відходи підприємств, служб і господарств по обслуговуванню населення, відходи житлових приміщень. У ряді робіт комунальні відходи називають побутовими.

До комунальних відходів відносяться фекалії, стічні води, тверді відходи житлових приміщень, підприємств громадського харчування і торгівлі, видовищних місць, спортивних і інших споруд, міське сміття, шлами комунальних очисних споруд і інше.

Одним з основних видів комунальних відходів є фекалії. Їх характерні компоненти – азот, амоній, органічні кислоти, хлориди, фосфор, калій, натрій, сіра. У фекальних стічних водах містяться різні ентеровіруси, грибки, протозої. Таке саме відмічається в комунальних стічних водах. За зовнішнім видом господарсько-побутові стічні води є рідиною з низькою прозорістю, сірим кольором і неприємним запахом. Для них є характерними насиченість яйцями гельмінтів і бактеріальною флорою.

Дуже велика кількість твердих комунальних відходів. До них відносяться харчові залишки, консервні банки, пляшки, контейнери і балони, папір для обгортки, поліетиленові та паперові пакети, автомобільні покришки, що прийшли в непридатність, предмети побутового вжитку, службових і суспільних приміщень. В порівнянні з промисловими комунальні відходи відрізняються сильнішою мінливістю складу, вищим вмістом органічних речовин, а також мікроорганізмів і, в цілому, значно меншою токсичністю та інтенсивністю забруднення.

Води шахтного і рудникового водовідливу

У гірничодобувних районах забруднення прісних підземних вод може відбуватися внаслідок скидання на поверхню землі попутних підземних вод, що відкачуються при видобутку

корисних копалин, і подальшій їх фільтрації в поверхневі, що залягають поблизу, водоносні горизонти. Попутні води, що відкачуються з шахт і рудників, називають також водами шахтного і рудникового водовідливу.

У багатьох випадках ці води відрізняються підвищеною мінералізацією і порівняно високим вмістом окремих компонентів. Так, шахтні води вугільного басейну Західного Донбасу, що відкачуються з кам'яновугільних відкладень, мають мінералізацію 35-50 г/дм³, за складом вони сульфатно-хлоридні та хлоридні.

Підвищеною і навіть високою мінералізацією відрізняються попутні води рудних родовищ. Особливо це відноситься до мідно-колчеданних родовищ. Мінералізація копальневих вод на них складає 50-70 г/дм³ і більш.

Дуже високих значень може досягати вміст в копальневих водах металів: миш'яку – до 5200 мг/дм³ при ГДК 0,05 мг/дм³, свинцю – до 90 мг/дм³ при ГДК 0,1 мг/дм³, мідь – до 500 мг/дм³ при ГДК 0,1 мг/дм³. Деякі копальневі води відрізняються кислою реакцією, значення рН в них становить 2,5-1,8.

Якщо такі води при видобутку руди потрапляють на поверхню, то вони можуть стати причиною забруднення поверхневих і прісних підземних вод.

При розробці нафтоносних пластів разом з нафтою витягується на поверхню велика кількість вод пластів. Як і всі води нафтових родовищ, води пластів мають високу мінералізацію (50-70 г/дм³), містять великі кількості хлоридів, сульфатів, магнію. Ці води потрапляють на поверхню землі не тільки при видобутку нафти, але і в процесі розвідувальних робіт на нафту і газ, при проведенні відкачувань, в результаті самостійного виливання та аварійних ситуацій.

Високо мінералізовані розчини можуть утворюватися, забруднювати поверхню землі і горизонти прісних підземних вод при видобутку корисних копалин методом підземного вилуговування.

Нафта і нафтопродукти

Нафта підрозділяється на сиру і товарну (первинно-

оброблену). До нафтопродуктів відносяться бензини, газ, паливо для повітряно- реактивних двигунів, дизельні і котельні палива (мазут), масла, мастила і так далі, найчастіше забруднення поверхневих і підземних вод викликається нафтою, бензинами, газом. Іншими нафтопродуктами, такими, як мастила, масла, важкі палива, підземні води забруднюються значно рідше, що пояснюється великою в'язкістю цих речовин, унаслідок чого зменшуються їх витоки, текучість і розповсюдження в зовнішньому середовищі.

Нафта і її похідні на 90-95% є сумішшю різних вуглеводневих з'єднань, які підрозділяються на три класи: парафін, циклопарафін і ароматичні вуглеводні. З не вуглецевих сполук в нафті містяться сірка, азот, метали в кількості 5-10%.

На умови знаходження нафтопродуктів в підземних водах істотно впливають їх властивості, особливо густина, розчинність, температура кипіння. Густина нафти і більшості нафтопродуктів менше одиниці, тобто менше, ніж густина води; виняток становлять мазут, окремі змащувальні масла.

Нафта в цілому погано розчиняється у воді і прийнято вважати, що нафта і вода утворюють систему рідин, які не змішуються. Але серед вуглеводнів є група ароматичних сполук (бензол, толуол, ксилол, етилбензол та інші), які порівняно добре розчиняються у воді. Так, розчинність бензолу складає 1500-1700 мг/дм³, толуолу 450-500 мг/дм³. Узагальнені дані про розчинність різних видів палив такі: бензини від 14 до 175 мг/дм³, газ від 4 до 13 мг/дм³, дизельні палива від 3 до 18 мг/дм³. У воду переходять переважно ароматичні вуглеводні (головним чином, бензол, толуол, етилбензол, ксилол), створюючи з нею дійсні розчини (на молекулярному рівні). Інші вуглеводні складають з водою емульговані суміші.

Необхідно відзначити, що нафти, які містяться в підземних водах, і нафтопродукти під впливом біогенного розкладання, а також хімічного окислення можуть руйнуватися. При цьому утворюються нафтеніві кислоти, феноли, ефіри, карбонільні сполуки, які є полярними і характеризуються дуже високою розчинністю. Внаслідок цього склад водорозчинної частини

нафтопродуктів та їх похідних змінюється в часі.

Температура кипіння нафтопродуктів характеризує їх здатність до випаровування. Вуглеводні з низькою температурою кипіння, що містяться у великій кількості в бензинах, можуть порівняно легко випаровуватися з поверхні забруднених ними ґрунтових вод, утворюючи в зоні аерації газову хмару, що використовується на практиці при вивченні областей забруднення підземних вод.

Забруднювальні речовини сільського господарства

Основними з забруднювальних речовин сільського господарства є пестициди, відходи тваринницьких господарств, мінеральні добрива.

Пестициди. Цією назвою об'єднують хімічні засоби захисту рослин. Залежно від призначення розрізняють гербіциди (для боротьби із смітними рослинами), інсектициди (для боротьби з комахами), фунгіциди (для боротьби з грибами).

За хімічним складом пестициди підрозділяються на хлорорганічні (ДДТ, ГХЦГ, ліндан, альдрин, гептахлор, діхлоретан, хлорпікрин та інші, фосфорорганічні (дихлофос, метафос, карбофос, фосфамід, хлорофос), ртутьорганічні (гранозан, меркураан, родосан миш'якові складові), похідні речовини.

Дуже важливою є характеристика пестицидів по їх стійкості, за якою вони розділяються на наступні класи: а) стійкість у водному середовищі: I – менше 5 діб, II – від 5 до 10 діб, III – від 11 до 30 діб, IV – понад 30 діб; б) стійкість в ґрунті; I – менше 1 місяця, II – від 1 до 5 місяців, III – від 5 до 24 місяців, IV – понад 24 місяці. Класи III і IV в обох випадках є відповідно небезпечними і особливо небезпечними.

До найбільш стійких відносяться миш'якові, ртутьорганічні (до 10 років), хлорорганічні (до 4-5 років), пестициди. Найменш стійкими в зовнішньому середовищі і такими, що швидко розкладаються є фосфорорганічні пестициди, які розкладаються на протязі від декількох діб до десятків діб.

Високотоксичними є миш'якові, ртутьорганічні і фосфорорганічні пестициди. Хлорорганічні пестициди

відносяться в основному до речовин із середньою токсичністю, проте внаслідок їх стійкості, разом з миш'яковими і ртутьорганічними пестицидами, вони представляють значну небезпеку для навколишнього природного середовища.

Пестициди поділяються за ступенем їх небезпеки для підземних вод на такі класи: А – практично безпечні; В – мало безпечні, такі, що легко розкладаються, не здатні до накопичення; С – мало безпечні, але здібні до накопичення, а також що відносно легко розкладаються; Д – небезпечні, такі, що не розкладаються або слабо розкладаються.

Найбільш небезпечними пестицидами, що відносяться до різних класів, є: клас Д – засоби, що містять ртуть і миш'як; клас С – дихлорофос, метазол, паратіон, дінобутон, мевінфос та інші; клас В – піразофос, тет- радифон, мелатіон, дінокап, трихлорфон та інше.

Пестициди є біологічно активними і в цілому токсичними речовинами; багато з них метаморфуються в проміжні сполуки (метаболіти), часто не менше, а навіть більш токсичні, ніж початкові речовини.

Пестициди, як правило, погано розчиняються у воді. Розчинність деяких пестицидів при температурі 20-30°C становить: ДДТ 0,0002 мг/дм³, гептахлор 0,06 мг/дм³, дільдрин 0,186 мг/дм³, токсафен 3,0 мг/дм³, альдрін 0,027 мг/дм³, хлордан 0,1 мг/дм³, ендрин 0,1 мг/дм³, γ = ГХЦГ 10,0 мг/дм³.

Пестициди використовуються у вигляді розчинів і емульсій, порошків і аерозолів. Вони вносяться до ґрунту, розпилюються з літаків, ними обприскують рослини.

Тваринницькі відходи. Одним з основних видів забруднювальних речовин в сільському господарстві є відходи крупних тваринницьких комплексів і ферм, головним чином, рідкий гній. Дія великих тваринницьких комплексів на навколишнє природне середовище подібна впливу промислових об'єктів. У ряді країн тваринницькі комплекси відіграють основну роль в забрудненні навколишнього середовища. Підраховано, що стадо в 100 тисяч голів великої рогатої худоби забруднює навколишнє середовище так само, як місто з

мільйонним населенням. Розрізняють комплекси великої рогатої худоби, свинарські, вівчарські. До них же умовно відносять птахівницькі комплекси. За розповсюдженістю та за розміром виділяються комплекси рогатої худоби і свинарські.

Основними хімічними компонентами відходів цих комплексів є азот, фосфор, калій – живильні речовини для рослин. Особливе значення мають азотисті сполуки і, перш за все, нітрати, які є головними забруднювальними компонентами відходів тваринництва.

Азот знаходиться в гнійній рідині у вигляді різних органічних сполук та NH_4^+ . Органічно зв'язаний азот поступово мінералізується і переходить в амонійний азот. Останній в процесі нітрифікації перетворюється на нітритний азот, який потім переходить в нітратний. Нітрати – стійкі, добре мігруючі сполуки. Вони є характерними для тваринницьких відходів.

Мінеральні добрива. У сільськогосподарському виробництві використовуються наступні основні види добрив: азотні, фосфорні, калійні, мікродобрива, комплексні. Основними речовинами цих добрив є з'єднання азоту, фосфору і калію. Особливе значення мають азотисті з'єднання і, перш за все, нітрати. Вони не зв'язуються ґрунтом, відрізняються високою мобільністю і можуть мігрувати на великі відстані. Вимивання нітратів з ґрунтів, що накопичуються там при внесенні добрив, залежить від типу ґрунтів. Найбільше винесення нітратів, в ґрунтові води відмічається в районі південних чорноземів, найменше – в зоні опідзолених, вилужених і типових чорноземів. Фосфорні добрива вимиваються з ґрунтів в цілому незначно, проте із засолених ґрунтів винесення фосфатів різко зростає. Калій і магній зв'язуються в ґрунті, і міграція їх вельми обмежена.

Стічні води сільськогосподарських територій завдають значної шкоди водоймам і річкам, а також підземним водам. Збільшення ерозії ґрунтів при розорюванні сільгоспугідь, а особливо при поливі сприяє виносу мінеральних речовин. Склад мінеральних солей, які вилуговуються з ґрунту, залежить від ступеня й характеру засоленості ґрунту, умов поливу, стану

колекторно-дренажної мережі. Кількість солей, які виносяться з 1 га, коливається у межах від 1 до 200 т/рік. У зв'язку із широким використанням добрив значна частка із загального складу мінеральних компонентів, які виносяться з сільгоспугідь, припадає на азот і фосфор. Винос пестицидів зумовлюється стійкістю препаратів у природному середовищі.

6. Розрахунки розмірів відшкодування збитків заподіяних при забрудненні питних підземних вод

Метою є: засвоїти методику розрахунку збитків навколишньому природному середовищу заподіяних при забрудненні питних підземних вод.

Завдання. Розрахувати збитки заподіяні при забрудненні питних підземних вод, згідно вихідних даних таблиці 6.1.

Методика виконання. Для упорядкування відносин між контролюючими екологічними органами та порушниками вимог Водного Кодексу України Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, наказом від 20.07.2009 року № 389 затвердило методики, які є обов'язковими для застосування на території України. Всього затверджено 11 методик, що охоплюють усі напрямки водного господарювання.

IV. Забруднення підземних вод

4.1. Факт забруднення підземних вод встановлюється державними інспекторами за результатами перевірки фізичних осіб, фізичних осіб - підприємців та юридичних осіб інструментально-лабораторними методами контролю, на основі візуальних спостережень чи встановлених розслідуваннями або оцінених у результаті еколого-гідрологічних вишукувань.

4.2. Припущення про можливість забруднення підземних вод можуть бути зроблені:

- при виявленні забруднення поверхні землі на ділянках господарської діяльності;
- при виявленні втрат нафтопродуктів та інших забруднюючих речовин з ємностей для зберігання, із продуктопроводів та інших об'єктів;

- шляхом аналізу документації, що стосується поводження із забруднюючими речовинами (сировиною, продукцією, відходами), та на основі показань свідків.

4.3. При визначенні забруднення підземних вод можуть застосовуватися результати інструментально-лабораторних вимірювань суб'єктів, визначених у пункті 2.3 цієї Методики, дані державного моніторингу за станом підземних вод або розрахункові методи.

Розрахунок розміру відшкодування збитків державі при забрудненні питних підземних вод проводять в наступному порядку.

Розрахунок розміру відшкодування збитків при забрудненні питних підземних вод проводять за формулою:

$$З_{П} = K_{кат} \cdot K_{pn} \cdot L \cdot M_{ni} \cdot Y_i, \text{ грн.}, \quad (6.1)$$

де $K_{кат}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта, згідно додатка 2 для поверхневих питних 1,4; для підземних питних – 5,0; приймаємо 5; K_{pn} – регіональний коефіцієнт дефіцитності підземних вод, згідно додатка 10 приймаємо 1,08 для Рівненської області; L – коефіцієнт, який враховує природну захищеність вод: для ґрунтових - 1,0; для міжпластових безнапірних - 1,3; для міжпластових напірних (артезіанських) - 1,6, приймаємо для розрахунку – 1,6; M_{ni} – маса i -тої забруднюючої речовини, що потрапила в підземні води розраховується за формулою:

$$M_{ni} = V \cdot (C_i - C_{\phi i}) \cdot 10^{-6}, \quad (6.2)$$

де V – об'єм води в забрудненій частині водоносного горизонту, який розраховується за формулою:

$$V = F \cdot m \cdot n_a, \quad (6.3)$$

де F – площа забруднення, m^2 ; m – середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту, m ; n_a – активна пористість водонасичених порід, згідно додатка 9 в залежності від породи. У разі відсутності характеристик конкретної водонасиченої породи для розрахунків беруть середні значення наведених інтервалів; C_i – середня концентрація i -тової забруднюючої речовини водного об'єкта, $г/м^3$; C_{ϕ} – фонові

концентрація і-тової забруднюючої речовини, г/м³. У разі відсутності даних про фонові концентрації для підземних водних об'єктів замість $C_{\phi i}$ використовуються відповідні ГДК_i для вод господарсько-питного водопостачання.

Y_i – питомий економічний збиток від забруднення водних і ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою:

$$Y_i = Y \cdot A_i, \quad (6.4)$$

де Y – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році (на дату виявлення порушення), грн/т, який визначається за формулою

$$Y = Y_{II} \cdot I / 100, \quad (6.5)$$

де Y_{II} – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у попередньому році, грн/т, приймаємо $Y_{II} = 766,96$ грн/т; I – індекс інфляції (індекс споживчих цін), середньорічний по Україні за попередній рік, приймаємо $I = 147\%$; A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності і-тої речовини, що визначається за формулою:

$$A_i = I / \text{ГДК}_i. \quad (6.6)$$

Для речовин значення ГДК яких більше одиниці, в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10.

Для речовин, за якими відсутня величина граничнодопустимої концентрації, показник відносної небезпечності A_i приймається рівним 500, а при ГДК "відсутність" - 10000.

Проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів (Y) у 2021 році становить 766,96 грн/т.

З 2012 року щорічно здійснюється індексація питомого економічного збитку від забруднення водних ресурсів, віднесеного до 1 тони умовної забруднюючої речовини, грн/т.

У разі скидання забруднюючих речовин у складі продукції, сировини, відходів чи сміття безпосередньо в підземний водний об'єкт маса скинутих забруднюючих речовин визначається на основі документів, або за результатами розслідування.

Таблиця 6.1

Вихідні дані для розрахунку розміру відшкодування збитків
при забрудненні питних підземних вод

Варіант/ Забруднююча речовина	Площа забрудне ння, F , m^2	Середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту, m , м	Порода/ активна пористість водонасичених порід, n_a	Середня концентрація забруднюючої речовини водного об'єкта, C_i , mg/dm^3	Фонова концентрація забруднюючої речовини, C_{ϕ} (ГДК _i), mg/dm^3
1	2	3	4	5	6
1/ $Fe_{заг}$	120	0,3	Гравелисто-галечні відкладення, 0,28-0,30	0,263	$\leq 0,2$
2/ SO_4^{2-}	230	0,6	Крупнозерністі піски, 0,24-0,26	92,9	≤ 250 (500)
3/ Cl	52	0,2	Різномізерністі піски, 0,20-0,24	34,6	≤ 250 (350)
4/ Mn^{2+}	89	0,1	Дрібнозерністі піски, 0,18-0,22	0,06	$\leq 0,05$ (0,5)
5/ Zn^{2+}	259	0,35	Тонкозерністі піски, 0,15-0,19	0,01	$\leq 1,0$
6/ NO_3^-	378	0,8	Пилуваті та глиністі піски, 0,05-0,15	1,1	≤ 50
7/ NO_2^-	402	0,89	Супіски, 0,08-0,10	0,033	$\leq 0,5$
8/ NH_4^+	56	0,27	Суглинки, 0,05-0,08	0,873	$\leq 0,5$ (2,6)
9/ Si	185	0,5	Тріщинуваті породи (крейда, вапняк, пісковик), 0,04-0,07	6,96	≤ 10

10/ F^-	157	0,15	Гравелисто-галечні відкладення, 0,28-0,30	2,06	$\leq 1,5$
11/ $Fe_{зат}$	189	0,33	Крупнозернисті піски, 0,24-0,26	0,453	$\leq 0,2$
12/ SO_4^{2-}	450	0,43	Різномізернисті піски, 0,20-0,24	350	≤ 250 (500)
13/ Cl^-	220	0,66	Дрібнозернисті піски, 0,18-0,22	575	≤ 250 (350)
14/ NO_3^-	180	0,78	Тонкозернисті піски, 0,15-0,19	48	≤ 50
15/ NO_2^-	130	0,41	Пилуваті та глинисті піски, 0,05-0,15	0,678	$\leq 0,5$
16/ NH_4^+	147	0,29	Супіски, 0,08-0,10	0,702	$\leq 0,5$ (2,6)

Примітка: Фонова концентрація (C_f) для окремих забруднюючих речовин показана у дужках – це верхня межа. Для розрахунку приймаємо нижню межу. ГДК затверджена наказом МОЗ України від 12.05.2010 р. №400 “Про затвердження Державних санітарних норм та правил “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною””, це є ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Вихідні дані (гр. 5 і 6) для розрахунку необхідно перевести в $г/дм^3$, враховуючи, що $1 \text{ мг}/дм^3 = 0,001 \text{ г}/м^3$.

7. Вивчення методики міграційних розрахунків

Метою є: засвоїти методику міграційних розрахунків.

Завдання. 1. Ознайомитися з методикою міграційних розрахунків, вивчити її основні розрахункові схеми. 2. Ознайомитися із задачею оптимального перехоплення забруднювача свердловиною.

Методика виконання. Методика міграційних розрахунків полягає в обґрунтуванні розрахункових схем. Загальний підхід до обґрунтування розрахункових схем включає етапи міграційних розрахунків:

- ✚ схематизацію геофільтраційних умов;
- ✚ схематизацію процесів масоперенесення.

Оцінка поточної ситуації й довгостроковий прогноз якості підземних вод вимагають досить чітких даних про процес міграції забруднень в умовах конкретного об'єкта й про можливі теоретичні моделі, що описують цей процес: досвід показує, що в протилежному випадку допускаються серйозні прорахунки навіть у якісному розумінні тенденцій забруднення ПВ, а отже, і в принципових схемах водоохоронних заходів.

Відображення всієї сукупності визначальних факторів у єдиній розрахунковій моделі є звичайно завданням виняткової складності. До того ж завжди існує невизначеність вихідних даних про процес, а також дефіцит необхідної для його всебічного опису вихідної (геофільтраційної) інформації. Все це змушує орієнтуватися на свідомо спрощені математичні схеми й робить необхідними різноманітні розвідницькі оцінки. Спрощення йде звичайно по декількох взаємозалежних напрямках:

- ранжирування моделей за пріоритетністю того або іншого процесу на різних етапах масоперенесення;
- зниження мірності моделі за допомогою просторової фрагментації масового потоку;
- використання асимптотичних наближених моделей, що ефективно враховують в узагальнених параметрах або неоднорідність і гетерогенність водоносного комплексу, або різні механізми фізико-хімічного перетворення стоків (не виключене також параметричне узагальнення цих двох видів взаємодії).

При побудові моделі доцільно дотримуватися **рангового принципу**, тобто орієнтувати її щораз на вивчення якого-небудь одного елементарного процесу або на визначення одного, у крайньому випадку двох міграційних параметрів. В основі

ранжирування по значимості процесу лежить *аналіз чутливості*. При цьому повинні широко використовуватися дані незалежних лабораторних випробувань, натурних експериментів і, головне, матеріали попередніх спостережень - як гідрохімічних, так і геофільтраційних. При *прогнозах* забруднення не слід захоплюватися принципом прямої екстраполяції даних попередніх спостережень, побудовою різного роду регресивних моделей. Така модель припускає, що закладена в ній інформація інваріантна стосовно типу завдання (розв'язуваної при побудові моделі, з одного боку, і при наступному прогнозуванні - з іншого), а це стосовно до процесів забруднення ПВ систематично не виконується, хоча б внаслідок гетерогенності (різномірності).

Важливі закономірності формування полів ЗПВ вдається звичайно встановити вже на рівні аналізу *просторової структури фільтраційного потоку*. Так, на основі оцінки внеску зосередженої інфільтрації з поверхневого техногенного басейну в загальну витрату регіонального потоку підземних вод можлива попередня диференціація розрахункових моделей по їхній мірності. Однак у загальному випадку необхідно значно більш детальне подання в розрахунковій схемі гідродинамічних умов міграції, без чого не може бути забезпечена коректність рішення прямих і, тим більше, зворотних задач міграції. У ще більшому ступені точність завдання на моделі фільтраційної картини контролює результати оцінок забруднення дренажних горизонтів від підземних басейнів некондиційних вод.

Ефективним шляхом спрощення моделі є нехтування по можливості хоча б однією складовою дисперсійного переносу. За рідкісними винятками, це дозволяє звести реальний просторовий масовий потік до двовимірного або навіть одномірного. Крім того, з огляду на те, що процеси переносу речовини розвиваються набагато повільніше фільтраційних, допускається розглядати міграцію компонентів на фоні стаціонарного (квазістаціонарного) фільтраційного поля.

Розгляд питання схематизації геофільтраційних умов розпочинається із схематизації просторової мінливості й

анізотропії фільтраційних властивостей водоносних шарів. Найбільші труднощі пов'язані з геофільтраційним обґрунтуванням профільної структури моделей масоперенесення, що, на відміну від широкого кола завдань геофільтрації (що допускають планову постановку), повинна відбивати реальний розподіл витрати фільтраційного потоку по окремих, часто вимірюваних усього лише першими метрами профільних елементах водоносного шару: міграційний прогноз по осереднених показниках проникності шару може розглядатися лише як грубе наближення, що не дає, до того ж, у багатьох випадках необхідного запасу надійності.

Подібні труднощі можуть виникати й стосовно до однорідних шарів, якщо взяти до уваги профільну анізотропію реальних водоносних комплексів. Її роль у розрахунковій схемі тим помітніше, чим вище ступінь деформації сітки руху в розрізі водоносного горизонту й відповідно, чим більш відчутний вертикальна складова швидкості фільтрації. Облік анізотропних властивостей набуває виняткового значення у двох ситуаціях: 1) при оцінці міграції вод різної густини від поверхневих басейнів, коли в шарі одержують розвиток процеси гравітаційної диференціації речовини, і 2) при вивченні процесів субвертикальної міграції глибинних розчинів від підземних басейнів природного походження. Відомо, однак, що для геофільтраційних прогнозів у рамках планових завдань гідродинаміки профільна анізотропія являє собою другорядний інтерес.

При схематизації просторової структури фільтраційного потоку в завданнях геофільтрації широко використовується передумова Дюпюї (яка допускає нехтування нормальною до нашарування компонентою швидкості фільтрації). Доцільність такого підходу не виключається, хоча й із серйозними обмеженнями, і при аналізі міграційних процесів: планова фільтраційна модель дозволяє в першому наближенні побудувати сітку руху й оцінити усереднені швидкості конвективного переносу. Зокрема, у районі водозабору вдається оконтурити в плані зону порушення природного гідрохімічного

режиму підземних вод за рахунок конвекції (без врахування дисперсійних ефектів): ця зона захоплення обмежена так званими нейтральними лініями току; при цьому слід підкреслити, що зона захоплення не збігається в загальному випадку з областю впливу водозабору, а помітно менше її.

Основні аспекти схематизації процесів міграції зводяться до наступного: 1) схематизація впливу процесів масопереносу на розрахункову схему фільтрації; 2) схематизація фізико-хімічної взаємодії підземних вод з гірськими породами, а також фізико-хімічних перетворень, що протікають безпосередньо в підземних розчинах; 3) виявлення відносної значимості окремих механізмів конвективно-дисперсійного переносу; 4) обґрунтування доцільних рівнів розгляду міграційних процесів у гетерогенних водоносних комплексах - з аналізом можливості віднесення гетерогенних комплексів до квазігомогенних; 5) схематизація структури міграційного потоку; 6) схематизація граничних умов міграції; 7) схематизація розвитку міграційного процесу (у цілому) в часі.

При подальшому розгляді ключових аспектів міграційної схематизації будемо відштовхуватися головним чином від моделей міграції *трассера* (хімічна речовина, забруднювач, помічений окрасувач, який залишає за собою шлях, траєкторію потоку для спостереження), до яких можуть бути зведені й більшість випадків переносу за наявності міжфазових процесів фізико-хімічної взаємодії.

Схематизація впливу масопереносу на розрахункову схему фільтрації повинна виходити в першу чергу з оцінки можливого впливу мігруючих компонентів на щільність і, в меншому ступені, в'язкість підземних вод.

При схематизації фізико-хімічних процесів загальні допущення, традиційні для гідродинамічної теорії міграції, зводяться до наступного: 1) термодинамічні умови— апріорно задані (найчастіше вважаються постійними), незалежно від міграційного процесу; 2) міграція кожного з компонентів розглядається окремо, без врахування їх взаємного впливу — і в розчині, і на мінеральній фазі; 3) хоча для пластових (особливо

забруднених) розчинів характерні різноманітні хімічні стани елементів, що в них містяться, всі оцінки проводяться лише для домінуючих міграційних форм із відомими термодинамічними параметрами.

З найважливіших спрощуючих передумов із приводу міжфазової фізико-хімічної взаємодії підземних вод з гірськими породами виділимо наступні: 1) нехтування кінетикою реакцій, 2) апроксимація залежностей інтенсивності реакцій від концентрацій відповідних компонентів ізотермами обміну.

Що стосується реакцій, які протікають безпосередньо в підземному розчині (деструкція, радіоактивний розпад та ін.), те вони звичайно носять яскраво виражений кінетичний характер. Як правило, задовільна апроксимація досягається в рамках моделей фізико-хімічної кінетики першого порядку; у цьому випадку реакції перетворення розчинів в пласті легко враховуються єдиним показником – узагальненим коефіцієнтом деструкції (розпаду).

Розрахункові схеми, в яких нехтують гідродисперсією (схеми поршньового витіснення), дають запас надійності при оцінках значень концентрації уздовж траєкторій фільтрації, що виходять із джерела забруднення, але одночасно занижують час настання початкової стадії забруднення і розміри області, охопленої забрудненням. Можливість широкого використання схем поршньового витіснення не викликає сумніву при оцінці висхідного підтоку глибинних мінералізованих вод до контурів дренажу: вплив гідродисперсії тут помітно згладжується різночасовим підтягуванням до водозаборів розчинів з різних гідрохімічних зон.

Схематизація міграційного процесу в гетерогенних водоносних комплексах вимагає послідовного розгляду змінюючих один одного в просторі і в часі режимів масопереносу, в яких на перший план виходять різні механізми міграції (конвекція, механічна дисперсія, молекулярна дифузія, фізико-хімічні взаємодії).

Першочерговим аспектом міграційної схематизації структури потоку є переведення реального, найчастіше тривимірного,

процесу переносу трасера до двовимірних або одновимірних моделей, що досягається фрагментацією процесу в просторі і часі. При аналізі подібної можливості й шляхів її реалізації необхідно сукупно враховувати багато факторів, серед яких, поряд з характером фільтраційної картини, основними є: 1) ступінь розвитку поперечної (планової й профільної) дисперсії; 2) неоднорідність (гетерогенність) середовища; 3) характерні відстані й час переносу.

Говорячи про постановку граничних умов міграції, особливо підкреслимо, що для пластів невеликої довжини, коли основні риси міграційного процесу починають швидко визначатися впливом вихідної границі, неприпустимо проводити схематизацію на базі розвідницьких оцінок для розрахункових моделей необмеженого шару. Ця обставина має принципове значення для ореолів розсіювання.

Очевидно, що принципи міграційної схематизації відрізняються істотно більш високою складністю, ніж звичні принципи геофільтраційної схематизації, і лише в рідких випадках можуть бути зведені до жорстких кількісних критеріїв. З іншого боку, при вивченні міграційних процесів, як правило, набагато сильніше позначається дефіцит необхідної вихідної інформації, причому головним обмежуючим моментом найчастіше виявляється недостатня обґрунтованість фільтраційної схеми. Тому, проводячи власно міграційну схематизацію, треба принаймні початкові її кроки зв'язувати, по можливості, з найбільш грубими й простими моделями міграції (звичайно, це моделі міграції трасера в асимптотичних режимах переносу), постійно пам'ятаючи про дотримання відповідності моделі якості інформації; з появою нової інформації робляться наступні кроки міграційної схематизації — відповідно до загальноприйнятих принципів адаптації й зворотного зв'язку.

Приклад. Розглянемо задачу оптимального перехоплення забруднювача свердловиною, яка з техніко-економічних міркувань може бути розміщена в одному з трьох положень: «1», «2» чи «3».

Метою заходу є збереження якості води у водозаборі нижче за

потоком підземних вод (рис. 7.1).

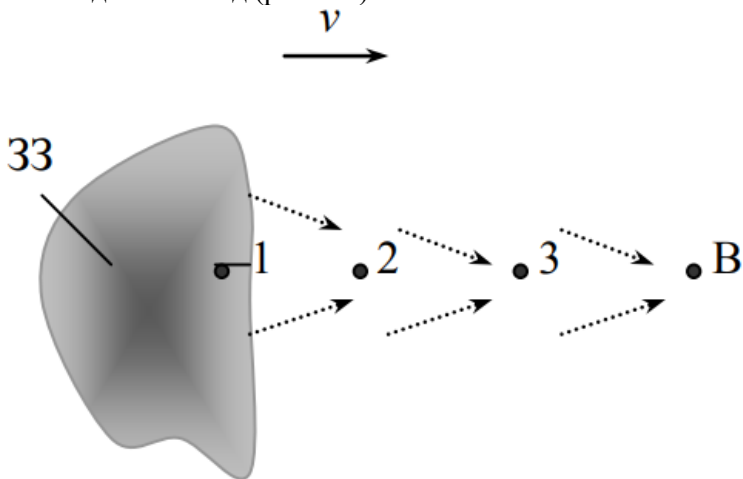


Рис. 7.1. Схема положення зони забруднення «33» у водоносному горизонті, водозабору «B» та можливих місць розташування свердловини, що відкачує воду, «1», «2» і «3»

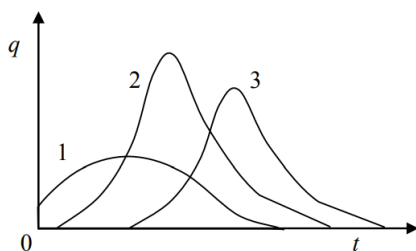


Рис. 7.2. Криві зміни у часі масопотоку q забруднювача, що відкачується свердловиною в позиціях «1», «2» і «3»

Криві на рис. 7.2 відображають динаміку відбору забруднювача свердловиною, розташованою у різних позиціях. Криві відтворюють основні зміни масової витрати забруднювача $q = CsQ$ через свердловину з часом; тут Cs – концентрація у

свердловині, Q – її дебіт. Сумарна маса забруднювача дорівнює площі фігур, обмежених зверху кривими «1», «2» і «3».

Якщо цільовою функцією буде обрана маса відібраного забруднювача, то другий з трьох можливих варіантів є оптимальним.

У разі реалізації першого варіанта речовина буде одразу ж відбиратися свердловиною, але значна її частина буде рухатись униз по потоку і потрапить до водозабору. Варіанти «2» і «3» мають порівняний ефект, але позиція «2» для захисної свердловини є кращою. По-перше, бажаний ефект відбору речовини проявиться раніше, а відібрана маса буде більшою. У випадку «3» частина маси речовини не буде відібрана через збільшення бокової міграції, що зумовлено більшим періодом дії поперечної дисперсії.

Якщо ж цільовою функцією обрати мінімум концентрації забруднювача у водозаборі, то третій варіант може виявитися найкращим. Він максимально використовує потенціал природного бар'єра (сорбційну ємність порід водоносного горизонту), при цьому менша маса відібраного забруднювача потребуватиме менших витрат на її подальшу обробку та утилізацію.

8. Оцінки масштабів забруднення підземних вод

Метою є: ознайомитися з основними оцінками масштабів забруднення підземних вод.

Завдання. 1. Ознайомитися з основними оцінками масштабів забруднення підземних вод, розрахувати їх, згідно рис.8.1. Масштаб взяти для площі в 1 см -1 км², для довжини в 1 см -1 км, мінералізація 1 г/дм³. Провести розрахунки за формулами 8.1-8.3, за табл. 8.1-8.3.

Методика виконання. Масштаби забруднення підземних вод оцінюються за результатами вивчення якості підземних вод в районі джерел забруднення і на ділянках водозаборів.

Виявлення областей забруднення

При проведенні робіт з виявлення областей забруднення виконуються 4 етапи.

Перший етап включає до себе установлення місця розташування джерела забруднення, площ та лінійних розмірів області забруднення, виду забруднювальних речовин, часу початку забруднення.

Другий етап передбачає дослідження ступеня забруднення навколишнього середовища (грунтів, зони аерації, снігового покриву, геоботанічних показників на поверхні землі, мікробіології підземних вод). Після чого виконують оконтурювання області забруднення.

На третьому етапі відбуваються гідрогеологічні дослідження (установлення напрямку потоку, установлення положення водозбору та фільтраційної неоднорідності пластів).

Четвертий етап включає до себе виділення ділянки інтенсивного забруднення, де концентрація забруднювальних речовин наближається до концентрації стічних вод, і загальної області забруднення.

Виділення масштабів забруднення на ділянках джерел забруднення

Оцінка масштабів виявленого забруднення підземних вод в районі джерела забруднення включає визначення розмірів області забруднення (площі і довжини), інтенсивності забруднення підземних вод, швидкості просування межі забруднених вод у пласті. Для визначення цих показників перш за все необхідно встановити, що розуміють під *межею області забруднення*.

Як межа області забруднення розглядається контур із загальною мінералізацією підземних вод 1 г/дм^3 або контур гранично допустимої концентрації (ГДК), характерної для даних умов забруднювального компонента (мається на увазі ГДК для питних вод). Якщо забруднення підземних вод характеризується декількома забруднювальними компонентами, то межа області забруднення проводиться як по контуру мінералізації 1 г/дм^3 , так і по загальному контуру ГДК цих компонентів.

Контур загальної мінералізації 1 г/дм^3 , як межа області забруднення, береться з тієї причини, що прісні підземні води характеризуються мінералізацією меншою за 1 г/дм^3 , а забруднювальні стічні води, як правило, відрізняються підвищеною мінералізацією, яка більша за 1 г/дм^3 ; крім того, загальна мінералізація 1 г/дм^3 є гранично допустимою для вод питної якості (колишній ГОСТ 2874-82 «Вода питна»), а на тепер ДСТУ 7525:2014. Національний стандарт України «Вода питна.» Вимоги та методи контролювання якості.

Під загальним контуром ГДК у разі декількох (двох-трьох) характерних забруднювальних речовин, контури ГДК кожної з яких виходять за межі іншої, розуміють криву, яка огинає окремі контури ГДК цих речовин (рис. 8.1). Якщо контур ГДК одного компонента цілком вміщується всередині контуру ГДК іншого компонента, то межею області забруднення вважається більший контур.

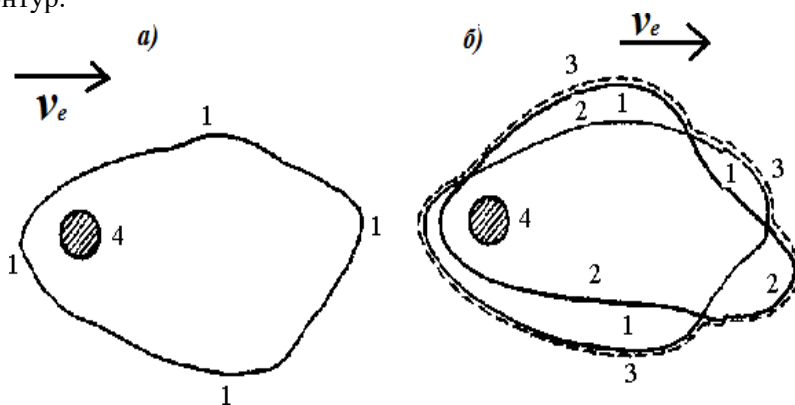


Рис. 8.1. Межа області забруднення для однієї (а) та двох (б) забруднювальних речовин [Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. / Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 248 с.]

Де, на рис. 8.1 маємо 1 – межа області забруднення для першої речовини; 2 – межа області забруднення для другої речовини; 3 – загальна межа області забруднення для двох речовин; 4 – джерело забруднення; $V_e = V_\phi$ – природна

швидкість фільтрації ґрунтових вод.

У ряді випадків забруднені води можуть мати невелику загальну мінералізацію і за цією ознакою трохи відрізнятимуться від прісних або слабко солонуватих підземних вод. Тоді, область забруднення підземних вод виділяється по характерному забруднювальному компоненту.

В окремих випадках підземні забруднені води можуть бути більш мінералізовані, ніж ті стічні води, що проникають в них з поверхні землі, і тоді забруднення підземних вод виявлятиметься не тільки в появі невластивих підземним водам забруднювальних компонентів, але й в «опрісненні» підземних вод. Межі області забруднення підземних вод визначатимуться контуром області розповсюдження цих забруднювальних речовин і контуром області «опріснення».

Виділення області забруднення підземних вод за ГДК окремих забруднювальних компонентів виконується на добре вивчених ділянках, а також в тих випадках, коли вміст в підземних водах цих компонентів помітно перевищує їх ГДК. Разом з цим можуть бути такі умови, коли в підземних водах є невластиві їм забруднювальні речовини штучного походження (наприклад, нафтопродукти, СПАР) від відомого джерела забруднення, але вміст цих речовин в підземних водах (за станом на період дослідження) менший від ГДК. Проте область підземних вод, в межах якої виявлені ці речовини, доцільно виділити як область з ознаками забруднення підземних вод.

Для маловивчених ділянок з невеликим числом свердловин, призначених для спостереження, межа області забруднення проводиться за даними на свердловинах з мінералізацією підземних вод, більшою ніж 1г/дм^3 (якщо забруднюються підземні води з природною мінералізацією, меншою за 1 г/дм^3), або по свердловинах із вмістом забруднювальних компонентів, які перевищують ГДК.

Область з ознаками забруднення підземних вод виділяється по виявленню в свердловинах невластивих підземним водам штучних забруднювальних компонентів, навіть якщо їх вміст менший від ГДК.

Площа суцільної області забруднення, сформованої під впливом одного або декількох джерел забруднення, оцінюється за площею, обмеженою контуром загальної мінералізації 1 г/дм³ і контурами ГДК окремих компонентів. У разі дискретної області забруднення, сформованої декількома джерелами забруднення, коли між окремими областями (утвореними окремими джерелами) є незабруднені ділянки підземних вод, але ці ділянки менші або близькі за розмірами до забруднених зон, площею забруднення підземних вод слід вважати всю область, що охоплює як ділянки забруднених вод, так і розташовані між ними ділянки незабруднених підземних вод.

На основі узагальнення фактичних даних про забруднення підземних вод виконана градація площ забруднення (табл. 8.1).

Лінійним розміром області забруднення називається її довжина (найбільша протяжність). Зазвичай, область забруднення буває витягнута за потоком підземних вод або у напрямку до місця їх відбору (водозабір, шахтний водовідлив та ін.). У разі області забруднення, сформованої декількома джерелами, її довжина вказується не за потоком підземних вод, а у напрямі місцеположення джерел забруднення.

Таблиця 8.1

Градації площ забруднення підземних вод

Номер градації	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Площа, км ²	< 1	1 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200	> 200

Якщо область забруднення має форму, близьку до кола, то як її лінійний розмір обирають радіус. Градації довжини області забруднення вказані в табл. 8.2. За відомою площею області забруднення і за довжиною можна оцінити її ширину.

Інтенсивність забруднення підземних вод характеризується відносною середньою і відносною максимальною мінералізацією всередині області забруднення, обмеженої контуром граничної мінералізації 1 г/дм³, а також відносною середньою і відносною максимальною концентрацією окремих компонентів усередині

контурів їх ГДК.

Таблиця 8.2

Градація по довжині області забруднення підземних вод

Номер градації	1	2	3	4	5	6	7	8
Довжина, км	< 1	1 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	>5 0

Під відносною середньою мінералізацією підземних вод розуміють відношення середньої мінералізації до граничної (для питних вод) мінералізації, під відносною середньою концентрацією компонента – відношення середньої концентрації до його ГДК. Середня мінералізація або середня концентрація окремих компонентів визначається як величина, середньозважена по площі.

Припустимо, що всередині контуру з мінералізацією 1 г/дм³ виділяються декілька зон з мінералізаціями $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ з площами зон, які дорівнюють відповідно $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$. Тоді середня мінералізація всередині області забруднення, яка визначає інтенсивність забруднення підземних вод у межах області забруднення, буде дорівнювати середній зваженій по площі величині $M_{сер}$

$$M_{сер} = (M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3 + \dots + M_nF_n) / (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n). \quad (8.1)$$

Так само визначається середня концентрація $C_{сер}$ окремого забруднювального компонента всередині контуру його ГДК:

$$C_{сер} = (c_1F_1 + c_2F_2 + c_3F_3 + \dots + c_nF_n) / (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n). \quad (8.2)$$

Далі, розраховують відносну середню мінералізацію води і відносну середню концентрацію окремого компонента у воді дорівнюють:

$$\bar{M}_{сер} = M_{сер} / M_{доп} \text{ та } \bar{c}_{сер} = c_{сер} / \text{ГДК}. \quad (8.3)$$

Величини $\bar{M}_{сер}$ і $\bar{c}_{сер}$ безрозмірні, а величина $\bar{M}_{сер}$ чисельно дорівнює $M_{сер}$, оскільки $M_{доп} = 1$ г/дм³.

У разі декількох забруднюючих компонентів їх сумарна відносна середня концентрація визначається за формулою такого вигляду (наприклад, у випадку трьох компонентів):

$$\bar{c}_{сер} = \frac{c_{1сер}}{ГДК_1} + \frac{c_{2сер}}{ГДК_2} + \frac{c_{3сер}}{ГДК_3}. \quad (8.4)$$

Де $c_{1сер}$, $c_{2сер}$, $c_{3сер}$ визначаються за формулою (8.2) в межах своїх контурів і ГДК (наприклад, у випадку трьох компонентів).

Якщо область забруднення вивчена недостатньо і не можна провести ізолінії мінералізації і концентрацій окремих компонентів, то *інтенсивність забруднення підземних вод* визначається як середнє арифметичне значення відносних мінералізацій або відносних концентрацій окремих компонентів за даними визначення концентрацій забруднювальних речовин у свердловинах, колодязях або інших пунктах водоспоживання всередині області забруднення.

Градації інтенсивності забруднення підземних вод представлені в табл. 8.3. Градації Іа і Іб характеризують ті випадки забруднення, коли ГДК ще не перевищена, тобто для *умовно забруднених вод*. Решта градацій відповідає випадкам, коли концентрація забруднювальних речовин перевищує їх ГДК. Градація Пв відноситься до категорії *екстремального забруднення*.

Таблиця 8.3

Градації інтенсивності забруднення підземних вод

Номер градації	Іа	Іб	Іа		Іб			Пв
			А	Б	В	Г	Д	
Інтенсивність	<0,5	0,5 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 100	>100

Швидкість просування забруднених вод в пласті оцінюється за фактичним зсувом контуру загальної мінералізації 1 г/дм^3 або контурів ГДК окремих компонентів за період часу, що фіксується. Якщо фактичних даних недостатньо, то швидкість просування забруднених вод оцінюється розрахунковим шляхом.

Виділення масштабів забруднення на ділянках водозаборів

На ділянках водозабірних споруд масштаби забруднення оцінюються через внесок забруднених і чистих вод у загальний дебіт водозабору та за інтенсивністю забруднення цих вод.

Внесок забруднених вод може оцінюватись як відношення

витрати забруднених вод до узагальненого дебіту свердловини:

$$\bar{Q}_3 = Q_3/Q. \quad (8.5)$$

До умовно забруднених вод відносяться забруднені води, у яких концентрація забруднювальної речовини не перевищує ГДК. До забруднених відносяться води з концентрацією забруднювальної речовини, яка перевищує ГДК.

Якщо понад 75% забрудненої води на водозабір складається із умовно забруднених вод, то такий водозабір розглядається як водозабір з умовно забрудненими водами і відноситься до першої групи. Якщо понад 75% забрудненої води, яка забирається з підземних водоносних горизонтів, складається із забруднених вод, то розглянутий водозабір буде водозабором із забрудненими водами і відноситься до водозаборів третьої групи. Якщо умовно забруднені (забруднені) води складають більше ніж 25% але менше ніж 75%, то такий водозабір відноситься до проміжної (другої) групи.

Інтенсивність забруднення підземних вод на водозабір може оцінюватись як середня зважена по витратах і концентраціях забруднювальної речовини у свердловинах речовина. Важливо відзначити, що розглядаються лише свердловини із забрудненими та умовно забрудненими водами.

Коли можливе розбавлення вод погіршеної якості чистими водами, інтенсивність забруднення встановлюється як середньозважена по сумарному дебіту водозабірної споруди концентрація забрудненої речовини визначається:

$$C = \frac{C_3 Q_3 + C_0 (Q - Q_3)}{Q}, \quad (8.6)$$

де C_0 – фонові концентрація; C_3 – концентрація забруднювальної речовини; Q_3 – витрата стоку із вмістом забруднювальної речовини, яка визначається; Q – дебіт водозабірної споруди; $Q - Q_3$ – витрата чистих вод.

На водозабірній споруді екстремальне забруднення встановлюється на тих експлуатаційних свердловинах, для яких $C \geq 10 \text{ГДК}$.

9. Виконання опису гідрогеологічних та гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів басейну річки та визначення середньобагаторічної величини підземного живлення річки

Метою є: 1. Навчитися виконувати опис гідрогеологічних та гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів басейну річки. 2. Визначити середню багаторічну величину підземного живлення річки.

Завдання. 1. Надати опис гідрогеологічних та гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів в басейні річки за варіантом таблиці 9.1 (див. за прикладом 1). 2. Визначити середню багаторічну величину підземного живлення річки при відсутності даних спостережень за підземним стоком, на прикладі р. Південний Буг (приклад 2).

Методика виконання. Приклад 1. Надати опис гідрогеологічних та гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів, які існують в басейні р. Самарлі (Кримський півострів). Методику виконання завдання представлено у роботі [Лобода Н.С. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Гідрокологія підземних вод”, Одеса. – 2011, 49 с.]

Річка Самарлі знаходиться у межах Причорноморського артезіанського басейну, позначеному на рис. 9.1 як Г. У межах району Г, розташований район другого порядку Г2 (Рівнинно-Кримський), до якого і входить досліджувана річка.



Рис. 9.1. Схема гідрогеологічного районування території України: 1 – межі регіонів; 2 – межі басейнів пластових вод II порядку

А – гідрогеологічна область Українського щита (масиву) з переважаючим поширенням тріщинно-жильних вод; Б – Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн пластових вод з басейнами II-го порядку: Б₁ – Дніпровський, Б₂ – Прип'ятський, Б₃ – Донецько-Донський; В – Волино-Подільський артезіанський басейн пластових вод; Г – Причорноморський артезіанський басейн пластових вод з басейнами I порядку: Г₁ – Північно-Причорноморський, Г₂ – Рівнинно-Кримський; Г₃ – Дністровський Г₄ – Передобруджинський; Г₅ – Придунайський; Г₆ – Азово-Кубанський; Д – Донецька гідрогеологічна складчаста область (басейн пластово-блокових вод); Е – Карпатська гідрогеологічна складчаста область; Ж – Гірськокримський басейн пластово-блокових і тріщинних вод (складчаста область).

Підземні води четвертинних відкладів залягають на невеликій глибині, широко використовуються для господарсько-питного водопостачання. Як видно з рис. 9.2 басейн р. Самарі знаходиться в IV зоні, для якої характерні хлоридні натрієві води з мінералізацією більше 3 г/дм³. Цей водоносний комплекс у

четвертинних алювіальних відкладах представлений пісками різнозернистими, місцями з гравієм і галькою, з лінзами і прошарками суглинків, супісків і глин.

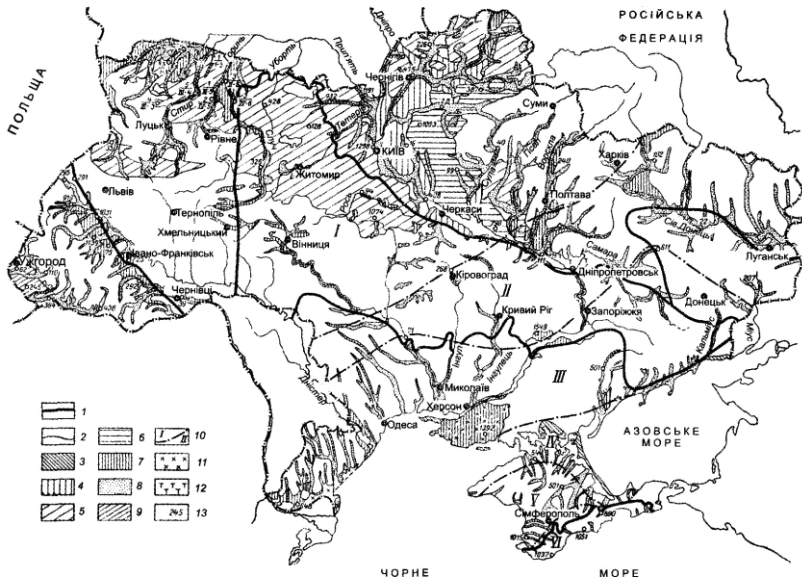


Рис. 9.2. Карта поширення ґрунтових вод четвертинних відкладів (склав Ж.С. Камаїст)

1 - межі регіонів; 2 - контури поширення водоносного горизонту; 3 - водоносний горизонт у верхньонеоплейстоценових - сучасних морських, лиманних і лиманно-морських відкладах (m1, Im РІІ-Н); піски від тонко- до різнозернистих, місцями мулуваті супіски, галечники, мули; 4 - водоносний горизонт у середньовисхіднонеоплейстоценових алювіальних і озерно-алювіальних відкладах III та II надзаплавних терас річок і в середньонеоплейстоценових флювіогляціальних відкладах (a, Ia, РІІ-III+fРІІ); піски різнозернисті з гравієм і галькою, місцями з прошарками супісків, суглинків і глин; 5 - водоносний комплекс у середньонеоплейстоценових флювіогляціальних і моренних відкладах (f, g, РІІ); піски різнозернисті, суглинки, супіски з гравієм і галькою, місцями з прошарками глин; 6 - водоносний комплекс у

нижньонеоплейстоце-нових алювіальних і озерно-алювіальних відкладах, а місцями і в середньонеоплейстоценових флювіогляціальних відкладах IV надзапальної тераси (а, la, P1+fP1); піски дрібно- і середньозернисті в нижній частині з гравієм, у верхній - суглинки й супіски; 7 - водоносний горизонт у нижньо-верхньонеоплейстоценових алювіальних і озерно-алювіальних відкладах IV, III, II і I надзапальних терас (а, la, P1-III); піски різнозернисті з прошарками супісків, суглинків і глин; 8 - водоносний комплекс у четвертинних алювіальних відкладах (аQ); піски різнозернисті місцями з гравієм і галькою, з лінзами і прошарками суглинків, супісків і глин, у Карпатах - галечники, піски різнозернисті, у Криму - валунно-галечні і піщано-гравелісти відклади; 9 - водоносний горизонт в еоплейстоценових і пліоценових алювіальних відкладах (аN2-аE); галечники з валунами, піски з прошарками глин; 10 - межі гідрохімічних зон і їх номери: I - переважно гідрокарбонатні кальцієві води з мінералізацією до 0,5 г/дм³, рідше до 1 г/дм³; II - гідрокарбонатно-сульфатні та сульфатно-гідрокарбонатні кальцієво-натрієві і натрієво-кальцієві, а також сульфатні натрієво-кальцієві та натрієво-магнієві води з мінералізацією до 1 г/дм³; III - переважно сульфатно-хлоридні та хлоридно-сульфатні натрієво-кальцієві, кальцієво-натрієві й натрієво-магнієві води з мінералізацією до 3 г/дм³; IV - переважно хлоридні натрієві води з мінералізацією більше 3 г/дм³; V - води змішаного та строкатого складу, переважно сульфатно-хлоридні та хлоридно-сульфатні магнієво-натрієві і натрієво-магнієві, а також гідрокарбонатні кальцієві води з мінералізацією від 0,3 до 3 г/дм³; VI - переважно гідрокарбонатні кальцієві води з мінералізацією до 1 г/дм³; 11, 12 - ділянки поширення вод нехарактерного складу (11 - переважно гідрокарбонатні кальцієві з мінералізацією до 1 г/дм³; 12 - переважно гідрокарбонатно-хлоридні, хлоридно-гідрокарбонатні натрієві та натрієво-кальцієві з мінералізацією 1-3 г/дм³); 13 - опорна свердловина, її номер.

Водоносність неогенових відкладів. Самарлі відноситься до Причорноморського артезіанського басейну, для якого водоносні горизонти утворюють досить складну гідродинамічну систему. Води неогенових відкладів тут безнапірні або слабо напірні. У басейні р. Самарлі зустрічається сарматський ярус (рис. 9.3), який відрізняється високою водозбагаченістю, а разом з тим, і практичною значимістю. Неогенові відклади представлені мергелями, вапняками, пісковиками і глинами потужністю

більше

200

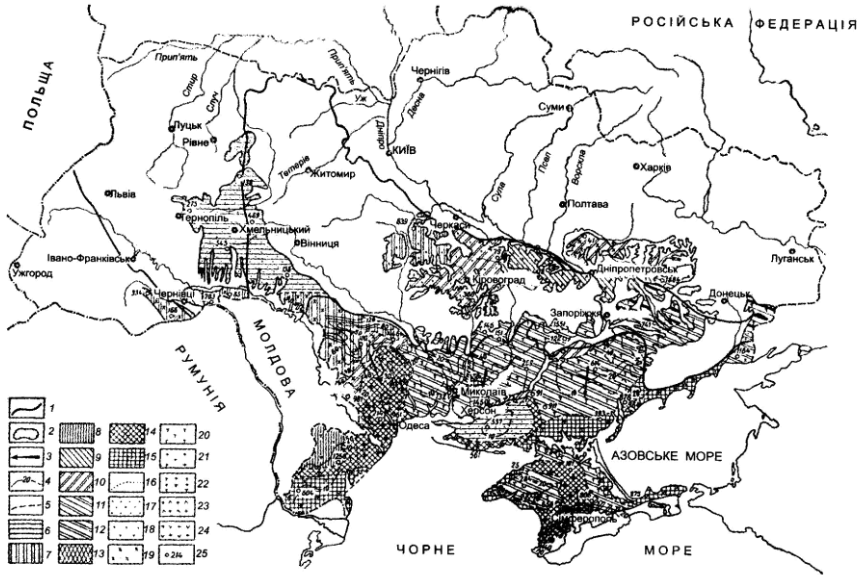


Рис. 9.3. Карта поширення водоносного горизонту в сарматських відкладах (склали Н.О. Іванова, Т.С. Ніколаєнко, Н.П. Панкратьєва)

1 - межі регіонів; 2 - контур поширення водоносного горизонту; 3 - основний напрямок руху підземних вод; 4 - гідроізоп'єзи; 5 - межі площ з водами різного хімічного складу; 6-15 - хімічні типи вод (6 - гідрокарбонатні кальцієві, кальцієво-магнієві, магнієво-кальцієві; 7 - гідрокарбонатні кальцієво-натрієві, натрієво-кальцієві; 8 - гідрокарбонатні натрієві; 9 -сульфатно-гідрокарбонатні кальцієві; 10 - гідрокарбонатно-сульфатні та сульфатно-гідрокарбонатні кальцієві, натрієво-кальцієві, натрієво-магнієві; 11 - сульфатні натрієві, кальцієві; 12 - сульфатно-хлоридні та хлоридно-сульфатні натрієві, натрієво-кальцієві; 13 - гідрокарбонатно-хлоридні натрієві; 14 - хлоридно-гідрокарбонатні натрієві та гідрокарбонатно-хлоридні натрієві; 15 - хлоридні натрієві); 16 - межі площ з водами різної мінералізації; 17 - 24 - мінералізація вод (17 - 0,1-0,5 г/дм³; 18 - 0,5-1 г/дм³; 19 - до 1 г/дм³; 20 - 1-3 г/дм³; 21 - 3-5 г/дм³; 22 - 1-5 г/дм³; 23 - 3- г/дм³; 24 - 3-50 г/дм³); 25 - опорна свердловина, її номер.

Майже на всій території поширені крейдові відклади (рис. 9.4), що формують осадовий чохол значної потужності – 400-1000 м.

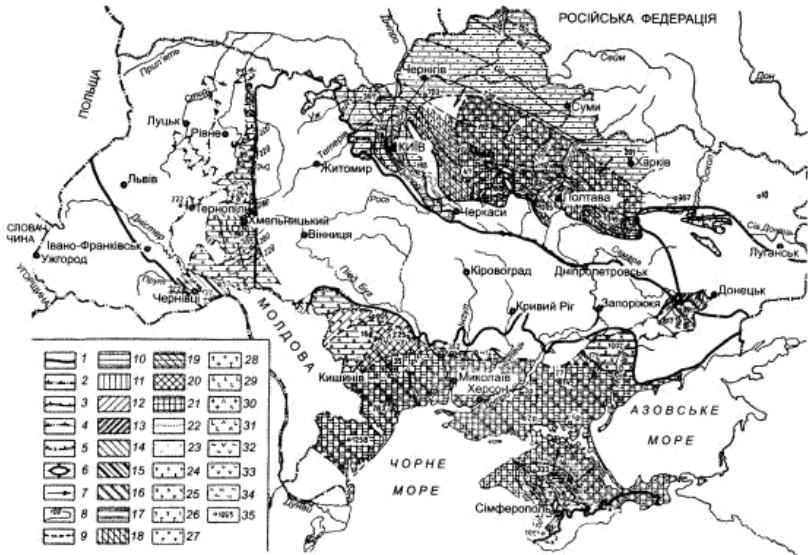


Рис. 9.4. Карта поширення водоносних горизонтів крейдових відкладів (без турон-маастрихту). (Склали Ю.Г. Головченко, Н.О. Іванова, Ж.С. Камзіст, Т.С. Ніколасенко)

1 – межі регіонів; 2 – 5 – контури поширення водоносних горизонтів у відкладах (2 – сенomanу; 3 – альб-сенomanу; 4 - у нерозчленованих відкладах крейдової системи; 5 – нижньої крейди); 6 – ділянки, де відклади крейди відсутні; 7 – основний напрямок руху підземних вод; 8 –гідроізоп’єзи (перетин через 5,10, 20 і 50 м); 9 – межі площ з водами різного хімічного складу; 10 – 21 – хімічні типи вод (10 – гідрокарбонатні кальцієві, рідше гідрокарбонатні кальцієво-натрієві, натрієво-кальцієві, кальцієво-магнієві, магнієво-кальцієві та натрієві; 11 – гідрокарбонатні натрієві; 12 – гідрокарбонатно-сульфатні магнієво-кальцієві; 13 –гідрокарбонатно-сульфатні та сульфатно-гідрокарбонатні кальцієво-натрієві; 14 – сульфатно-гідрокарбонатні натрієві; 15 – сульфатні натрієво-кальцієві, кальцієво-натрієві та натрієві; 16 – сульфатно-хлоридні та хлоридно-сульфатні натрієво-кальцієві, кальцієво-натрієві, натрієво-магнієві та натрієві;

17 – хлоридно-гідрокарбонатно-сульфатні натрієво-кальцієві; 18 – гідрокарбонатно-хлоридні натрієві; 19 – хлоридно-гідрокарбонатні натрієві; 20 – гідрокарбонатно-хлоридні та хлоридно-гідрокарбонатні натрієві; 21 – хлоридні натрієві; 22 – межі площ з водами різної мінералізації; 23 – 34 – мінералізація вод (23 – до 0,5 г/дм³, рідше 0,6 – 0,7 г/дм³; 24 – 0,5-1 г/дм³, рідше до 1,5 г/дм³; 25 – до 1 г/дм³; 26- 1 - 3 г/дм³; 27 - 3 - 5 г/дм³; 28- 1- 5 г/дм³; 29 – 5-7 г/дм³; 30 – 3-10 г/дм³; 31 – 5-10 г/дм³; 32 – 10-35 г/дм³; 33 – більше 35 г/дм³; 34 -10-70 г/дм³); 35 – опорна свердловина, її номер.

Юрські відкладення в басейні р. Самарлі відсутні, що підтверджується рис. 9.5.

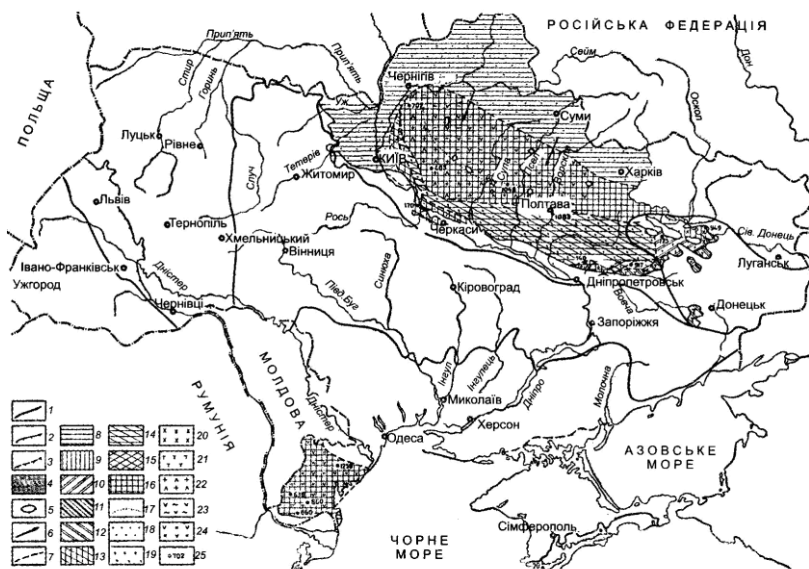


Рис. 9.5. Карта поширення водоносного комплексу юрських відкладів (склали Ю.Г. Головченко, Ж.С. Камзіст)

Вихідні дані до опису гідрогеологічних і гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів в басейні річки за варіантом представлено в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Вихідні дані до опису гідрогеологічних і гідрохімічних властивостей водоносних горизонтів в басейні річки

Варіант	Басейн річки	Варіант	Басейн річки
1	Інгулець	9	Кальміус
2	Кінська	10	Супій
3	Вовча	11	Рось
4	Самара	12	Тясмин
5	Салгир	13	Оріль
6	Бурульча	14	Ворскла
7	Берда	15	Трубіж
8	Бик	16	Сула

Гідрохімічні компоненти підземних вод в басейні річки Самарлі вибираємо згідно Додатку Б і В. У нашому випадку згідно додатку В підземні води відповідають даним Кримської гірської країни. У додатку Б немає Кримських річок, тому його пропускаємо.

Приклад 2. Розглянемо водозбір р. Південний Буг с. Пирогівці. Площа водозбору дорівнює 827 км². За даними В.І. Сорокіна перша критична площа у межах цього водозбору може становити 2,0-25 км². Щільність річкової мережі становить за матеріалами роботи І.М. Коротуна 0,5-0,7 км/км², тобто може бути прийнятою у середньому рівною 0,6. Найбільше значення першої критичної площі визначається за залежністю:

$$P_{кр} = \frac{1}{\rho^2} = \frac{1}{0,6} = 1,7 \text{ км}^2.$$

Таким чином, перша критична площа може дорівнювати 2 км². Норма інфільтрації річних опадів у підземні водоносні горизонти за даними В.І. Сорокіна приймається рівною 45 мм, тобто $U_0=45,0$ мм. Норма поверхневого живлення $U_{пов}$ за цим же джерелом, становить 65 мм. Гідрогеологічний параметр приймається рівним 0,5.

Норма підземного стоку у водозаборі р. Південний Буг– с. Пирогівці може бути визначена за формулою А.М. Бефані.

$$Y_{midз} = U_0 th \left(\alpha_{\Gamma} 4 \sqrt[4]{\frac{F}{P_{kp}} - 1} \right)$$

Отже

$$Y_{midз} = 45 th \left(0,54 \sqrt[4]{\frac{827}{2} - 1} \right) = 45 th \left(0,54 \sqrt[4]{412 - 1} \right) = 45 th (0,5 \times 451) = 45 th (2,26) = 45 \times 0,978 = 44 \text{ мм}$$

де th – це гіперболічний тангенс.

Значення параметру a_{Γ} для території Українських Карпат визначаються за картою районів (рис. 9.6), а для південної України внаслідок стійкості гідрогеологічного параметру виявилось можливим розділити досліджувану територію на райони з $a_{\Gamma} = \text{const}$.

1. Для басейнів приток Дністра вище впадіння р. Бик, Південного Бугу, вище рр. Кодими та Синюхи, Дніпра до впадіння рр. Росі та Супою, а також верхніх ділянок річок, які беруть початок на Приазовській височині та Донецькому кряжі, можна прийняти $a_{\Gamma} = 0,5$.

2. Для басейнів приток річок Дністра, Південного Бугу та Дніпра, розміщених південніше вказаної межі, $a_{\Gamma} = 0,3$.

3. Для басейнів річок Приазов'я, Донбасу, окрім відмічених вище, Сіверського Дінця та правобережних приток Нижнього Дону $a_{\Gamma} = 0,4$.

4. Для районів крайнього півдня Молдови та України, лівобережних приток Нижнього Дону $a_{\Gamma} = 0,20 - 0,25$.



Рис. 9.6. Схематична карта районів гідрогеологічного параметру аГ

Сумарна величина стоку у створі р. Південний Буг – с. Пирогівці визначається таким чином:

$$\bar{V} = \bar{V}_{нов} + \bar{V}_{нідз} = 65 + 44 = 109 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт підземного живлення розраховується як співвідношення виду

$$\frac{\bar{V}_{нідз}}{\bar{V}} = \frac{44}{109} = 0,40.$$

Тобто, внесок підземного живлення у формуванні стоку становить 40%.

10. Вивчення підземного іонного стоку та виконання задач з його використанням

Метою є: 1. Вивчити підземний іонний стік та його сутність, визначення. Навчитися виконувати задачі, що пов'язані з підземним іонним стоком.

Завдання. Розрахувати модуль підземного іонного стоку при відсутності даних гідрологічних та гідрохімічних спостережень для річки, згідно варіанту та вихідних даних таблиці 10.1.

Методика виконання. Разом з масою підземних вод у поверхневі водотоки надходить велика кількість хімічних речовин, які, переміщуючись із підземними водами утворюють **підземний іонний стік**. З підземним стоком пов'язані винесення та перерозподіл речовин. Цей процес має назву денудаційного. Підземна денудація, або підземна хімічна денудація, характеризує винос розчинених у підземних водах хімічних речовин; що ж стосується виносу механічних частинок, суспензій, то він тут відіграє незначну роль.

Кількісною характеристикою підземного стоку є витрата підземних вод. Для підземних вод зони активного водообміну, що знаходяться в активній взаємодії з річковою мережею і живляться в основному за рахунок атмосферних опадів,

важливими характеристиками підземного стоку є коефіцієнт підземного стоку та коефіцієнт підземного живлення річок. *Коефіцієнт підземного стоку представляє собою відношення величини витрати підземних вод до кількості атмосферних опадів, тобто він показує, яка частина атмосферних опадів витрачається на живлення підземних вод. Коефіцієнт підземного живлення є відношенням підземного стоку, який формується за рахунок дренажу, до загального річкового стоку. Ця величина показує, яка частина витрат води річки зумовлена живленням підземними водами.*

Винесення розчиненої речовини з підземними водами – один з найбільш важливих процесів міграції хімічних елементів в земній корі. Щорічно підземним стоком перерозподіляється приблизно $2,8 \cdot 10^8$ т розчинених речовин, поверхневим же стоком виноситься в середньому $1,6 \cdot 10^8$ т.

Визначення підземного іонного стоку

Кількісна оцінка підземної хімічної денудації може бути здійснена шляхом розрахунку кількості розчинених речовин, які виносяться підземними водами, тобто розрахунку іонного підземного стоку. Такі розрахунки зазвичай робляться за меженним іонним стоком річок, виходячи з того, що в межень основним джерелом живлення більшості річок є підземні води. Але ці розрахунки досить умовні, через те, що меженний стік річок лише наближено характеризує підземний стік; хімічний склад річкових вод у період межені формується в результаті змішування підземних вод багатьох горизонтів, а також надходження вод зі схилів і промислових скидів. Додамо, що роль промислових скидів у формуванні хімічного складу річкових вод у меженний період перебільшена, оскільки стічні води скидаються в річки здебільшого в паводок.

Під підземним іонним стоком розуміється сума солей, які переносяться в розчиненому стані підземними водами від областей живлення до місць дренажу. У районах, що дрениються річками, мігруючі речовини потрапляють в них, а потім виноситься в моря або внутрішні водойми, де й відбувається їх накопичення.

При складанні карти підземного іонного стоку для характеристики території використовується модуль підземного іонного стоку.

Підземний іонний стік для кожного району, який характеризується спільністю гідрогеологічних умов, можна розрахувати згідно з формулою

$$Q_{\text{підз.і}} = cQ_{\text{підз}}, \quad (10.1)$$

де $Q_{\text{підз.і}}$ – витрата підземного іонного стоку; $Q_{\text{підз}}$ – витрата підземного стоку; c – концентрація хімічних компонентів у підземних водах.

Модуль підземного стоку іонів отримуємо після ділення $Q_{\text{підз.і}}$ на площу водозбору F

$$\overline{q_{\text{підз.і}}} = \frac{Q_{\text{підз.і}}}{F}. \quad (10.2)$$

На основі викладеного можна висловити деякі міркування, стосовно впливу техногенних умов на поверхні землі на підземний іонний стік.

У природних умовах, коли не спостерігається вплив різних форм господарської діяльності, підземний іонний стік буде формуватися за рахунок природних процесів взаємодії в системі вода-порода (розчинення, вилуговування, катіонний обмін та ін.) й живлення незабрудненими атмосферними опадами. Назвемо його природним підземним іонним стоком.

В умовах господарської діяльності (у техногенних умовах) на природний підземний іонний стік буде накладатися потік з поверхні землі різних речовин антропогенного походження. Привнесення цих речовин у підземні води змінює їх хімічний склад у порівнянні з фоновим станом, впливає на процеси взаємодії підземних вод з породами.

Стічні води, які скидаються в приймачі, витрачаються на фільтрацію, випаровування; значна їх частина після очищення скидається в річки. Важко точно оцінити, яка частина зворотних вод досягає підземних вод й забруднює їх. Але близько 15-20%

стічних вод, що поступають до приймальників відходів, фільтрується і потрапляє у водоносні горизонти. Разом з ними у водоносні горизонти потрапляють забруднювальні речовини, які містяться в цих водах. Вони включають понад 90 різних компонентів і сполук, значну частину яких складають органічні сполуки.

Ці сполуки, як і цілий ряд інших речовин, або порівняно швидко розкладаються, або сорбуються породами. Тому їх міграційна здатність невелика.

З точки зору тривалої міграції в підземних водах, а відповідно й в участі у формуванні підземного іонного стоку, інтерес представляють стійкі речовини (головним чином, мінеральні сполуки), такі, як нітрати, хлориди, сульфати і ряд інших. Якщо прийняти, що щорічно у водоносні горизонти фільтрується 20% зворотних вод, то разом з ними потрапляє в підземні води така ж частина речовин. Можна припустити, що антропогенна складова іонного стоку з урахуванням цих факторів буде становити не менше 15-20% всього підземного іонного стоку.

Для визначення концентрацій мінеральних речовин, властивих підземному стоку різних річок України рекомендується застосовувати гідрохімічне районування, виконане для території України в Київському Національному університеті імені Тараса Шевченка під керівництвом проф. В.І. Пеляшенка та Л.М. Горева.

Задача. Визначити підземний іонний стік при відсутності даних гідрологічних та гідрохімічних спостережень для річки Самарлі (Кримський півострів).

Виконання. За отриманими даними норма підземного стоку з водозбору становить 44 мм за рік, або $Q_{нідз}=1,16 \text{ м}^3/\text{с}$; або $q_{нідз} = 1,40 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$.

За даними В.І. Пеляшенка середній вміст іонів складає $C(\text{HCO}_3^-) = 430 \text{ мг/л}$;

$C(\text{SO}_4^{2-}) = 32 \text{ мг/л}$; $C(\text{Cl}^-) = 13 \text{ мг/л}$; $C(\text{Ca}^{2+}) = 100 \text{ мг/л}$; $C(\text{Mg}^{2+}) = 26 \text{ мг/л}$; $C(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 23 \text{ мг/л}$.

Отже сумарний вміст іонів становить – 624 мг/л.

$$\overline{Q_{\text{підз.і}}} = 624 \cdot 1,16 \cdot 1000 \cdot \frac{d}{c} = 723840$$

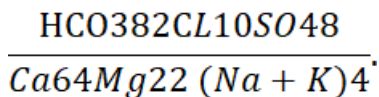
$$= 724 \frac{\text{Г}}{\text{с}}$$

Модуль підземного стоку іонів отримаємо після ділення $\overline{Q_{\text{підз.і}}}$ на площу водозбору

$$\overline{q_{\text{підз.і}}} = \frac{724}{827} = 0,876 \text{ г/(с·км}^2\text{)}.$$

По матеріалах Л.М. Горєва та В.І. Пеляшенко (1992 р.) середньобаторічний підземний іонний стік складає 21,5 т/км² або 0,818 г/(с·км²). Головними іонами є Ca²⁺, Mg²⁺, N⁺+ K⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻.

За формулою Курлова хімічний склад підземних вод має такий вид



Таблиця 10.1

Вихідні дані для розрахунку модуля підземного іонного стоку при відсутності даних гідрологічних та гідрохімічних спостережень для річки

№	Річка – пост	F, км ²	$\overline{Q_{\text{підз.і}}}$, м ³ /с	$\overline{Y_{\text{підз.і}}}$, мм	Сумарний вміст іонів, мг/л
1	р. Псел – м. Суми	7770	6,67	27	632
2	р. Псел – м. Гадяч	11300	10,6	30	713
3	р. Псел- с. Запсілля	21800	24,0	35	749
4	р. Хорол – м. Миргород	1740	1,04	19	954
5	р. Говтва- с. Михнівка	1560	0,91	18	685
6	р. Ворскла– с. Чернечина	5790	4,62	25	672

7	р. Ворскла – м. Полтава	9370	8,41	28	766
8	р. Ворскла – м. Кобеляки	13500	13,2	31	775
9	р. Мерло – м. Богодухів	309	0,122	12	771
10	р. Сів. Донець – с. Кисельово	740	0,361	15	1400
11	р. Сів. Донець – с. Дальні Піски	1700	1,01	19	1802
12	р. Сів. Донець – с. Огірцеве	5540	4,38	25	1450
13	р. Сів. Донець – м. Чугуїв	10300	9,46	29	1670
14	р. Сів. Донець – м. Зміїв	16600	17,0	32	1750
15	р. Болховець – м. Білгород	394	0,165	13	1010
16	р. Вовча – м. Вовчанськ	1330	0,747	18	1830

11. Розрахунок зон санітарної охорони водозабору підземних питних вод

Метою є: ознайомитися із методикою розрахунку зон санітарної охорони водозабору питних вод.

Завдання. Розрахувати за вихідними даними (завдання 1 та таблиці 11.1) зону санітарної охорони водозабору питних вод (за діючими рекомендаціями до 31.12.2006 р.).

Методика виконання. Визначення розмірів зон санітарної охорони (ЗСО) має велике практичне та господарське значення, оскільки поряд з іншими заходами є методом екологічного захисту підземних вод, що використовуються для водопостачання.

Розраховуючи ЗСО, необхідно використовувати нормативний документ «Рекомендації з гідрогеологічних розрахунків

визначення меж зон санітарної охорони підземних джерел господарсько-питного водопостачання», які затверджені постановою Кабінету Міністрів України № 2024 від 18.12.1998 р. і відомчими будівельними нормами ВБН 46/33-2.5-5-96 «Проектування систем штучного поповнення підземних вод. Підземні водосховища. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування», які з 31.12.2006 року вже є недіючими. На заміну йому прийшов ДБН В.2.5 - 74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». Для оцінки впливу на довкілля, для обґрунтування розмірів поясів ЗСО часто застосовують метод розрахунку, який ми розглянемо.

Відповідно до документів ЗСО має три пояси, в межах яких здійснюють спеціальні заходи, що унеможливають потрапляння забруднюючих речовин у водоносний горизонт в пункті водозабору. Перший пояс є зоною *суворого* режиму, межі якої встановлюють в радіусі 30 м від джерела водопостачання. За сприятливих геолого-гідрогеологічних умов і за погодженням з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби відстань його можна зменшувати до 10 м. Другий і третій пояси є зонами *обмежень*.

Другий пояс ЗСО передбачає захист водоносного горизонту від мікробного, третій — від хімічного забруднення. Відстань від кордону другого поясу ЗСО до свердловини на основі розрахункового часу (просування мікробного забруднення з потоком підземних вод до водозабору) повинна бути достатньою для ефективного самоочищення – втрати життєспроможності і вірулентності (отруйності) патогенних мікроорганізмів.

Контури другого поясу ЗСО визначають, вдаючись до гідродинамічних розрахунків, маючи на увазі, що забруднення, яке потрапляє у водоносний горизонт за контурами ЗСО через зону аерації (збагачення на кисень) або безпосередньо, не досягне водозабору.

За характером забруднюючих речовин розрізняють мікробне і хімічне забруднення підземних вод. *Мікробне* забруднення відбувається внаслідок потрапляння у водоносний горизонт

неочищених стічних вод (господарсько-побутових, дощових і вод, що інфільтруються з територій життєвих і промислових забудов, тваринницьких і птахоферм, полів асенізації, аварійних витоків і викидів із каналізаційних мереж і споруд), а також забруднених ними річкових вод. Основними джерелами *хімічного* забруднення є стічні води виробництв, що потрапляють у водоносні горизонти з територій промислових підприємств, накопичувачів відходів та інших об'єктів акумуляції відходів поверхневі води, забруднені сільськогосподарськими добривами і отрутохімікатами; скидання отрутохімікатів, мінеральних добрив, паливно-мастильних матеріалів та ін. Для поверхневих водойм і річок встановлюють аналогічні санітарно-захисні зони (СЗЗ) — місцевості певної площі, в межах якої не допускається ведення господарських робіт, здатних погіршити якість води у підземному джерелі.

Геометричні параметри СЗЗ залежать від гідродинамічних характеристик у водоносному горизонті за встановленого режиму водозабору, геологічних і гідрогеологічних умов території та ін.

Ширину області захоплення водозабірної споруди визначають величиною $2d$:

$$2d = \frac{4TQ}{m_b n (R + r)} \quad (11.1)$$

де d — півширина області захоплення, м; Q — добова продуктивність водозабірних споруд, м³/добу; n — активна ґрунту, що складає водоносний шар; m_b — потужність водоносного пласта; T — розрахунковий час просування осередку забруднення до водозабірної споруди, діб; R — величина основного захоплення (в напрямку руху води), м; r — протяжність ЗСО вниз по потоку; q — одинична витрата потоку; N — водороздільна точка; L — довжина СЗЗ (рис. 11.1).

Одиничну витрату на 1 м ширини потоку підземних вод у місці розташування водозабору в природних умовах визначають за формулою:

$$q = K_{\phi} \cdot m_b \cdot i, \quad (11.2)$$

де i — величина нахилу водної поверхні; K_{ϕ} — коефіцієнт фільтрації.

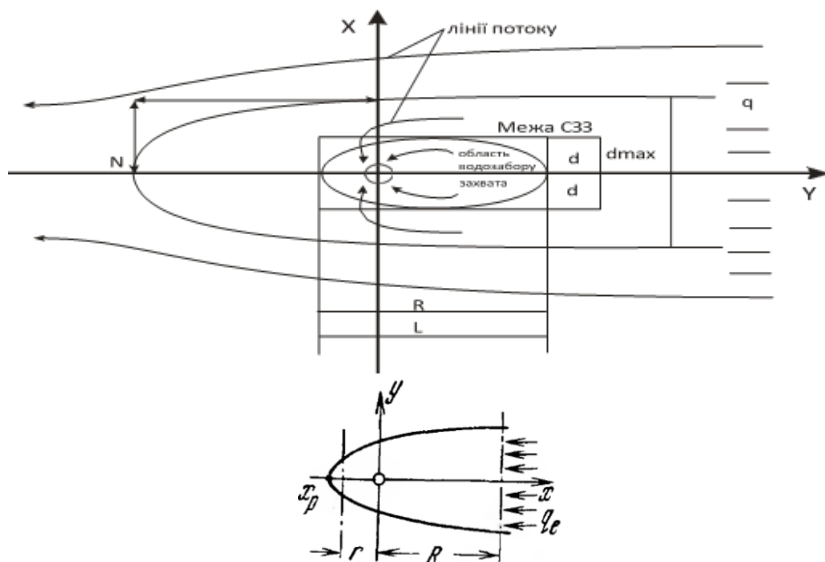


Рис. 11.1. Основні параметри розрахунку ЗСО (лініями на рисунку показано основні маршрути надходження води при водозаборі)

Віддаль від водозабору до вододільної точки становить:

$$X_p = \frac{Q}{2\pi q} \quad (11.3)$$

Величину основного захоплення емпірично описують рівнянням:

$$R = \frac{q \cdot T}{m_h \cdot n} + 3X_p. \quad (11.4)$$

Величина другорядного захоплення дорівнює:

$$r \approx X_p$$

Загальна протяжність СЗЗ в довжину становить:

$$L = R + r. \quad (11.5)$$

Послугуючись наведеними формулами, можна розрахувати основні геометричні характеристики СЗЗ для водозабірної майданчика з кількох відносно незалежних свердловин, неподалік якого є малопотужне джерело мікробіологічного забруднення. Час міграції забруднювачів від межі СЗЗ до водозабірної свердловини становить 200 діб, а дані геологічних та гідрогеологічних досліджень такі:

а) одинична витрата становить:

$$q = 40 \cdot 28 \cdot 0,002 = 2,24 \text{ м}^3/\text{добу};$$

б) віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$X_p = 1175 / (2 \cdot 3,14 \cdot 2,24) = 83,51 \text{ м};$$

в) величина основного захоплення:

$$R = \frac{2,24 \cdot 200}{28 \cdot 0,14} + 3 \cdot 83,51 = 364,82 \text{ м}$$

г) величина другорядного захоплення:

$$r \approx 83,51 \text{ м}$$

д) загальна протяжність СЗЗ:

$$L = 364,82 + 83,51 = 448,33 \text{ м}$$

Отже, СЗЗ повинна мати таку ширину:

$$2d = \frac{4 \cdot 200 \cdot 1175}{28 \cdot 0,19 \cdot 448,33} = 394,13 \text{ м}$$

Тобто для належного захисту водозабору необхідно спроектувати СЗЗ шириною 394,13 м і загальною довжиною 448,33 м (364,82 м проти і 83,51 м в напрямку потоку).

Завдання 1. Розрахувати СЗЗ для проектного водозабору, продуктивність якого дорівнюватиме 1,0 тис. м³/добу. Потужність водоносного горизонту — 37 м, коефіцієнт фільтрації 9,5 м/добу, активна пористість порід — 0,2, нахил водного дзеркала — 0,002; час міграції вірогідних забруднень — 200 діб. Розрахунковий період експлуатації водозабору — 25 років.

Виконання практичної роботи дасть змогу переконатися у тому, що обчислені параметри СЗЗ забезпечать довготривале використання підземних вод для питного водопостачання без

проникнення вірогідного забруднювача. Аналогічні розрахунки еколог повинен здійснювати для різних природних умов.

Таблиця 11.1.

Варіанти	Вихідні параметри					
	Q	K_{ϕ}	m_b	n	i	T
1	700	5,0	35	0,21	0,001	200
2	850	4,0	28	0,19	0,002	200
3	770	3,0	25	0,20	0,001	200
4	500	4,5	20	0,14	0,003	200
5	810	5,7	33	0,17	0,002	200
6	690	3,6	30	0,18	0,004	200
7	720	4,2	37	0,16	0,001	200
8	770	4,9	40	0,20	0,001	200
9	800	5,4	42	0,22	0,001	200
10	840	5,9	38	0,16	0,002	200
11	880	4,7	35	0,19	0,002	200
12	910	4,2	33	0,17	0,002	200
13	920	4,4	30	0,20	0,003	200
14	890	5,1	40	0,21	0,003	200
15	860	3,8	48	0,19	0,003	200
16	830	4,1	46	0,18	0,001	200

12. Визначення витрати потоку підземних вод на основі розчленування гідрографа загального стоку річки

Метою є: ознайомитися з визначенням витрати потоку підземних вод на основі розчленування гідрографа загального стоку річки.

Завдання. Визначити витрати потоку підземних вод на основі розчленування гідрографа загального стоку річки згідно даних

рис. 12.3, табл. 12.1.

Методика виконання. Як відомо, річний стік формується за рахунок поверхневого і підземного стоку. Вивчення закономірностей підземного стоку до річок дозволило знайти спосіб його виділення на гідрографі річки та розробити метод регіональної оцінки природних ресурсів підземних вод зони інтенсивного водообміну.

Гідрограф річки – це графік зміни в часі витрат води в річці за рік, декілька років або частину року (сезон, повінь або паводок). Гідрограф будується на підставі даних про щоденні витрати води в місці спостереження за річним стоком. На осі ординат відкладається величина витрати води, на осі абсцис - відрізки часу.

Підземний стік у районах з постійно діючою гідрографічною мережею формується під дренаючим впливом річкових систем. Отже, ресурси підземних вод можуть бути охарактеризовані величиною підземного стоку до річки, яка визначається на основі генетичного розчленування гідрографа загального стоку річок. Це досягається шляхом аналізу конкретної гідрогеологічної обстановки річкового басейну і гідрографа річки, із загального річкового стоку виділяється підземна складова живлення річки.

Підземний стік набуває особливого значення в режимі річок влітку і взимку (межень), коли річки в основному живляться підземними водами. Тому в межень витрата річки в будь-якому створі являє собою загальну кількість підземних вод, що стікають з площі річкового басейну вище цього створу.

Для регіональної оцінки природних ресурсів підземних вод з використанням методу розчленування гідрографа річки не потрібно проведення польових розвідувальних і дослідних робіт. Для цього використовують матеріали Гідрометеослужби. Оскільки для багатьох річкових басейнів є дані по стоку за багаторічний період спостережень, використання методу розчленування гідрографа річки для визначення підземного стоку дає можливість отримати надійні середньобагаторічні кількісні характеристики природних ресурсів підземних вод зони інтенсивного водообміну.

Динаміка підземного стоку окремих водоносних горизонтів, що дренуються річкою, визначається ступенем гідравлічного зв'язку цих горизонтів з річкою. Схеми розчленування гідрографів річок розглядаються для наступних умов живлення річок підземними водами:

1. річка отримує живлення за рахунок ґрунтових вод, які мають постійний гідравлічний зв'язок з нею;
2. річка отримує живлення за рахунок ґрунтових вод, які не мають постійного гідравлічного зв'язку з нею;
3. річка отримує змішане ґрунтове живлення з водоносних горизонтів, при цьому частина горизонтів має з нею гідравлічний зв'язок, а частина – ні;
4. річка отримує живлення за рахунок ґрунтових і артезіанських вод.

Під *ґрунтовими водами*, в даному випадку, розуміють усі безнапірні і з місцевим напором підземні води, які розкриваються ерозійною мережею, дренуються річками, ярами або озерами і формують ґрунтовий стік.

Стік глибоких артезіанських вод у річки, на відміну від стоку ґрунтових вод, характеризується значною стабільністю режиму. Його величина в часі не має таких коливань, які характерні для ґрунтового стоку. Величина стоку артезіанських вод може бути визначена балансовим або гідравлічним методами.

Розглянемо методику розчленування гідрографа річки для випадку, коли річка отримує живлення з водоносних горизонтів, які мають з нею постійний гідравлічний зв'язок. Характер гідравлічного зв'язку ґрунтового потоку з річкою в межень і повінь показано на рис. 12.1.

При розчленуванні гідрографа керуємося наступними положеннями:

- 1) в меженний період живлення річки здійснюється головним чином за рахунок ґрунтових вод (витрата річки дорівнює стоку ґрунтових вод з площі водозбору вище гідрометричного створу, ділянка А-В, Е-М і N-L рис.12.2);

при підвищенні рівня води в річці спостерігається зменшення гідравлічних ухилів і витрат підземних вод у річку (явище

підпору).

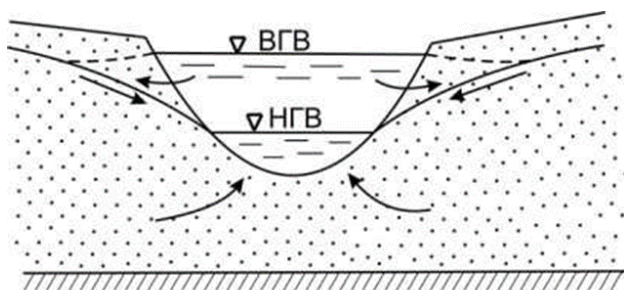


Рис. 12.1. Схема постійного гідравлічного зв'язку водоносного горизонту з річкою

2) В період весняної повені в прибережній зоні утворюються зворотні гідравлічні ухили ґрунтового потоку. У період спаду, коли рівень в річці швидко падає, дзеркало ґрунтового потоку знову набуває нахил до річки та її підземне живлення знову відновлюється. На гідрографі річки період відсутності підземного її живлення в даному створі виділяється прямими вертикальними лініями ВС і EG, проведеними через точки гідрографа, що відповідають початку і закінченню повені;

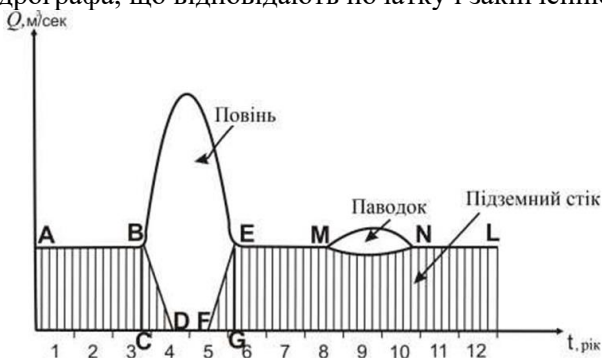


Рис. 12.2. Виділення на гідрографі підземного стоку з водоносних горизонтів, які мають гідравлічний зв'язок з річкою

3) при досить великій довжині річки в створі вимірювальної станції можуть проходити ґрунтові води, що дренуються у верхній частині річкового басейну, тобто води

надійшли в русло річки вище створу до початку повені на даній ділянці (точка В). Знаючи швидкості течії в пік повені і відстань від верхів'я до гідрометричного створу, можна знайти час t , протягом якого ґрунтові води будуть стікати з найвіддаленіших частин басейну після початку повені. Визначивши час, знаходять точку Д, відповідну даті закінчення проходження цих вод через створ. З початком повені у верхів'ї річки витрата ґрунтових вод, що проходять через створ транзитом, буде зменшуватися. Це зниження відображається на гідрографі прямою ВД;

4) повінь у верхів'ї річки закінчується раніше, ніж повінь на ділянці розглянутого створу. Після закінчення повені у верхів'ї річки в неї тут знову почнуть надходити ґрунтові води, які досягнуть розрахункового створу через час t . Знаючи дату закінчення повені у верхів'ї річки і додавши до неї час t , знаходять на гідрографі точку, що відповідає даті проходження через створ ґрунтових вод, які надійшли в річку після закінчення повені у верхній її частині. При цьому збільшення ґрунтового потоку у часі відображається на гідрографі прямою FE. Із закінченням повені в створі вимірювальної станції (точка E) річка знову переходить на підземне живлення;

5) у період літніх і осінніх паводків підземний стік у річку не припиняється, відбувається лише зменшення його величини. Тому ґрунтовий потік відділяється на гідрографі від поверхневого плавною лінією MN, що відбиває зменшення стоку ґрунтових вод в річку на початку паводка і подальше його збільшення до часу закінчення паводку.

Площа, що обмежена на гідрографі річки віссю абсцис (час) і крайніми ординатами (витратою), дорівнює обсягу загального стоку річки за відповідний період часу. Площа F_c , що обмежена координатними осями і лінією гідрографа підземного стоку, одержаного при розчленуванні гідрографа загального стоку річки, буде дорівнювати обсягу підземного стоку за досліджуваний час.

Об'єм підземного стоку, виділеного в нижній частині розчленованого гідрографа річки, обчислюють за допомогою планіметрування. Спочатку розраховують масштабний

коефіцієнт стоку m_c шляхом множення масштабу витрати m_p на масштаб часу m_e , які прийняті при побудові гідрографа

$$m_c = m_p \cdot m_e. \quad (12.1)$$

Цей коефіцієнт чисельно дорівнює обсягу стоку, відповідної одиниці площі гідрографа.

Визначивши площу за допомогою планіметрії, знаходять обсяг, який характеризує річну витрату підземних вод зони дренажу, що надходить в річку з площі підземного водозбору вище створу вимірювальної станції.

$$Q_n = m_c \cdot F_c. \quad (12.2)$$

Характеристиками величини підземного стоку є модуль, шар і коефіцієнт підземного стоку. Середньорічний модуль підземного стоку обчислюється за формулою

$$M_{\sigma} = \frac{1000 \cdot Q_e}{F_n \cdot 31 \cdot 10^6}, \quad (12.3)$$

де Q_e – підземний стік за рік, визначений за гідрографом, м³/рік; F_n – площа водозбору підземних вод, км²; 1000 – перехідний коефіцієнт від м³ до літрів; $31 \cdot 10^6$ – число секунд у році.

Рекомендації для визначення природних запасів і ресурсів підземних вод

На прикладі розглянемо методику визначення природних запасів і ресурсів підземних вод (за різницею межених витрат річки в двох створах і за витратою підземного потоку).

Дослідна ділянка знаходиться у долині річки (Додаток Г). Правий схил долини річки складений корінними породами (щільними глинами). Лівий схил складений алювіальними пісками потужністю 10...16 м. У пісках знаходиться водоносний горизонт, потужність якого змінюється від 8 м до 12 м. Коефіцієнт фільтрації пісків 10 м/добу, коефіцієнт водовіддачі 0,1. Потік ґрунтових вод має напрямок до річки, яка на дослідній ділянці повністю дренажує підземні води. У межах дослідної ділянки на річці знаходяться два водомірних поста. У межений період на цих постах були заміряні витрати річки: $Q_1 = 72$ л/с і $Q_2 = 57,8$ л/с.

Для визначення природних запасів підземних вод на карті гідроізогіпс необхідно визначити площу підземного водозбору, що обмежена річкою між водомірними постами, лініями току, що проведені від водомірних постів до лінії підземного вододілу та лінією підземного вододілу. Площа підземного водозбору в даному випадку складає 40,1 км².

Природні запаси ґрунтових вод V_e у межах площі водозбору визначаємо за формулою

$$V_e = \mu V, \quad (12.4)$$

де V – об'єм водоносного пласта, м³; μ – коефіцієнт водовіддачі.

Для розрахунку об'єму водоносного пласта спочатку визначаємо площі зон f з різною потужністю пласта, після цього множимо площу зони на середню потужність пласта h_{cp} і складаємо отримані дані:

$$V = f_1 h_{cp1} + f_2 h_{cp2} + f_3 h_{cp3}, \quad (12.5)$$

Отримуємо $f_1=4,3$ км, $h_{cp1}=8$ м, $f_2=31,2$ км, $h_{cp2}=10$ м, $f_3=4,6$ км, $h_{cp3}=12$ м. Тоді об'єм водоносного пласта складає

$$V = (4,3 \cdot 8 + 31,2 \cdot 10 + 4,6 \cdot 12) \cdot 10^6 = 4,02 \cdot 10^8 \text{ м}^3.$$

Природні запаси ґрунтових вод на площі підземного водозбору складають $V_e = 0,1 \cdot 4,02 \cdot 10^8 = 4,02 \cdot 10^7 \text{ м}^3$.

Природні ресурси підземних вод визначаємо гідрометричним (за різницею меженних витрат річки в двох створах) та гідродинамічним (за витратою підземного потоку) методами.

Гідрометричний метод. Оскільки ґрунтовий потік існує тільки на лівобережжі річки (правий берег складний глинами), приріст витрат річки в межень між створами 1 і 2 буде визначатися тільки розвантаженням потоку ґрунтових вод з лівобережжя. Ця різниця витрат річки становить

$$\Delta Q = 72 - 57,8 = 14,2 \text{ л/с.}$$

При площі водозбору 40,1 км² модуль підземного стоку буде дорівнювати

$$M_0 = \frac{\Delta Q}{F} = \frac{14,2}{40,1} = 0,35 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

Гідродинамічний метод. Для визначення природних ресурсів за витратою підземного потоку, що формується на площі

підземного водозбору, приймається розрахунковий переріз потоку по найближчій до річки гідроізогіпсі з відміткою 20 м (див. рис.12.3). Ширина потоку ґрунтових вод B між водомірними постами по цій гідроізогіпсі дорівнює 5,7 км, середня потужність потоку $h_{cp} = 10$ м. Визначаємо середній ухил потоку підземних вод між гідроізогіпсами з відмітками 20 і 21 м. При середній відстані між гідроізогіпсами 500 м ухил потоку I_{cp} дорівнює 0,002. Витрата потоку ґрунтових вод визначається за формулою

$$Q_n = k I_{cp} \cdot h_{cp} \cdot B = 10 \cdot 0,002 \cdot 10 \cdot 5700 = 1140 \text{ м}^3/\text{добу або } 13,2 \text{ л/с.}$$

Модуль підземного стоку буде дорівнювати

$$M_d = \frac{\Delta Q}{F} = \frac{13,2}{40,1} = 0,33 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

На прикладі оцінимо природні ресурси підземних вод річки шляхом розчленування гідрографа цієї річки.

Загальна площа басейну річки F складає 710 км². Для розчленування гідрографа були використані дані спостережень за дебітом джерела (табл. 12.1).

Таблиця 12.1

Дані спостережень за дебітом джерела

місяць	дебіт джерела, л/с	коефіцієнт динамічності сті, k	витрата підземного стоку в річку, Q_n , м ³ /с	місяць	дебіт джерела, л/с	коефіцієнт динамічності сті, k	витрата підземного стоку в річку, Q_n , м ³ /с
1	9,6	1,2	1,2	7	11,2	1,4	1,4
2	9,2	1,15	1,15	8	9,6	1,2	1,2
3	8,0	1,0	1,0	9	10,4	1,3	1,3
4	10,0	1,25	1,25	10	11,2	1,4	1,4
5	13,6	1,7	1,7	11	11,2	1,4	1,4
6	12,0	1,5	1,5	12	10,0	1,25	1,25

Мінімальний дебіт джерела спостерігався в березні й склав 8 л/с. Ставлення середньомісячних значень дебіту джерела до його мінімального дебіту дає коефіцієнт динамічності підземного стоку k . Перемножуючи мінімальну меженну витрату річки ($Q_{min} = 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ у березні) на коефіцієнт динамічності підземного стоку, одержимо витрати підземного стоку Q_n за кожен місяць. Відклавши ці значення на гідрографі річки і з'єднавши їх прямою

лінією, виділимо підземний стік (див. Додаток Г).

Розрахуємо масштабний коефіцієнт стоку m_c (за формулою 12.1), який чисельно дорівнює обсягу стоку, відповідного одиниці площі гідрографа:

$$m_c = 1,0 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 86400 \text{ с} = 2,628 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

За допомогою планіметра визначимо площі, що відповідають загальному річковому стоку ($F_{заг} = 20,6 \text{ см}^2$) і підземному стоку ($F_n = 15,7 \text{ см}^2$).

Множачи площі $F_{заг}$ і F_n на масштабний коефіцієнт стоку m_c , отримуємо відповідно об'єм загального річкового стоку $w_{заг}$ і об'єм підземного стоку w_n за рік:

$$w_{заг} = 20,6 \cdot 2,628 \cdot 10^6 = 5,41 \cdot 10^7 \text{ м}^3;$$

$$w_n = 15,7 \cdot 2,628 \cdot 10^6 = 4,13 \cdot 10^7 \text{ м}^3.$$

Розрахуємо модуль підземного стоку, враховуючи, що в році $31,54 \cdot 10^6 \text{ с}$

$$Q_n = \frac{W_n}{T} = \frac{4,13 \cdot 10^7}{31,54 \cdot 10^6} = 1,31 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$M_o = \frac{Q_n \cdot 10^3}{F} = \frac{1,31 \cdot 10^3}{710} = 1,84 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

Таким чином, за допомогою гідрографа річки маємо можливість достатньо точно визначити величину підземного стоку і модуль підземного стоку.

13. Виконання оцінки захищеності підземних (грунтових) вод

Метою є: ознайомитися із оцінкою захищеності підземних вод, розрахувати їх.

Завдання. Розрахувати захищеність підземних (грунтових) вод за якісною та кількісною оцінкою згідно вихідних даних таблиці 13.4 та формули 13.2.

Методика виконання. За дослідженнями Н.Л. Лободи та ін. (у навчальному посібнику «Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище», Одеса, 2017. – 199 с.) фільтрація стоків з поверхні землі в ґрунтові води можлива практично завжди, через

те, що останні є безнапірними і не перекриваються надійними водотривами. Тому ґрунтові води в цілому характеризуються невисокою захищеністю або ж є взагалі не захищеними.

Якісна оцінка захищеності ґрунтових вод

У загальному випадку вона надається на основі чотирьох показників: глибини залягання рівня ґрунтових вод (потужності зони аерації); будови і літології порід зони аерації; потужності слабопроникних відкладів у розрізі зони аерації; фільтраційних властивостей порід зони аерації і, насамперед, слабопроникних відкладів.

Найменш захищеними є ґрунтові води в умовах, коли зона аерації складена відносно добрепроникними відкладами і в розрізі зони аерації відсутні шари слабопроникних порід. Збільшення глибини залягання рівня ґрунтових вод хоча і покращує захищеність ґрунтових вод, але вплив цього чинника на захищеність ґрунтових вод істотно менший, ніж наявність в розрізі слабопроникних відкладів.

Якісна оцінка природної захищеності ґрунтових вод може виконуватись на основі зіставлення виділених категорій захищеності. Кожна категорія захищеності відрізняється своєю сумою балів, яка залежить від глибини залягання рівня ґрунтових вод, потужності слабопроникних відкладів і їх літології (з літологією пов'язані фільтраційні властивості цих відкладів). Більш високим категоріям захищеності відповідає більша сума балів. Обґрунтування балів, які відповідають різним глибинам залягання рівня ґрунтових вод, потужностям і літології (фільтраційним властивостям) слабопроникних відкладів, проводиться, виходячи з часу фільтрації з поверхні землі забруднювальними речовинами рівня ґрунтових вод.

Як вихідна одиниця для оцінки балів береться визначений час фільтрації t_1 через зону аерації, складену добре проникними породами (до $K_{\phi} \approx 2$ м/добу) потужністю 10 м. Час фільтрації t_2 через зону аерації потужністю 20 м, складену такими ж породами, буде приблизно вдвічі більший ($t_2 \approx 2 t_1$); через зону

аерації потужністю 30 м - втричі більший ($t_3 \approx 3t_1$) і т.д.

Зазвичай потужність зони аерації (глибина залягання рівня ґрунтових вод) коливається від 3 до 30 м, рідко перевищуючи 40 - 50 м. Тому виділяється п'ять градацій глибин залягання ґрунтових вод: до 10 м, 10-20 м, 20-30 м, 30-40 м, понад 40 м. Кожна наступна градація відрізняється від попередньої в середньому на 10 м. Першій градації з мінімальною глибиною залягання рівня ґрунтових вод ($H \leq 10$ м), час фільтрації до якої дорівнює t_1 , відповідає 1 бал; другій градації глибини залягання рівня ґрунтових вод ($10 < H \leq 20$ м), час фільтрації до якої приблизно вдвічі більший ($t_2 \sim 2 t_1$), відповідають 2 бали; третій градації - 3 бали, четвертій - 4 бали і п'ятій - 5 балів.

Потужність слабопроникних відкладів в розрізі зони аерації поділяється на 11 градацій: до 2, 2-4, 4-6, ..., 18-20 та понад 20 м. Одна градація відрізняється від іншої в середньому на 2 м. За літологією та фільтраційними властивостями слабопроникних відкладів виділяються **три групи**: група а - супіски, легкі суглинки (до $K_f \approx 0,1 \div 0,01$ м/ добу і пористість $n \approx 20\%$), група с - важкі суглинки та глини ($K_f < 0,001$ м/ добу і пористість менше $n < 10\%$), група b (проміжна між а і с) - суміш порід груп а і с ($K_f \approx 0,01 \approx 0,001$ м/ добу і пористість у межах $n \approx 15\%$). У розрахунок пористість підставляємо у частках від одиниці.

Відповідність балів градаціям потужностей слабопроникних порід і їх літології встановлюється таким чином.

Згідно з розрахунками, час фільтрації крізь шар порід потужністю 10 м з коефіцієнтом фільтрації близько 2 м/ добу (тобто крізь добре проникні породи) приблизно дорівнює часу фільтрації крізь шар порід потужністю 2 м з коефіцієнтом фільтрації 0,02 м/ добу, або часу фільтрації крізь шар порід потужністю близько 1 м з коефіцієнтом фільтрації 0,002 м/ добу, або часу фільтрації через шар порід потужністю 0,5 м з коефіцієнтом фільтрації 0,0002 м/добу. Таким чином, наближено можна допустити, що за своєю захисною дією шар потужністю 10 м добре проникних порід еквівалентний шару порід потужністю 2 м з $K_f \approx 10 - 2$ м/ добу, або шару порід потужністю 1 м з $K_f \approx 10-3$ м/ добу, або шару порід потужністю

0,5 м з $K_f \approx 10-4$ м/ добу. Тому, якщо шару добре проникних порід відповідає 1 бал (як було прийнято вище), то шар порід потужністю 2 м з $K_f \approx 10-2$ м/ добу також характеризуються 1 балом, потужністю 2 м з $K_f \approx 10- 3$ м/ добу - 2 балами, потужністю 2 м з $K_f \approx 10-4$ м/ добу - 4 балами.

Градації глибин залягання рівнів ґрунтових вод і потужностей слабопроникних відкладів в розрізі зони аерації і відповідні їм бали вказані в таблицях 13.1 і 13.2.

Сума балів, яка залежить від градації глибин залягання ґрунтових вод, потужності слабопроникних відкладів і їх літології визначає захищеність ґрунтових вод, відображену показником захищеності ϵ . За сумою балів виділяються шість категорій захищеності ґрунтових вод, табл. 13.3.

Найменш сприятливими є умови захищеності, які відповідають категорії I, найбільш сприятливими - категорії VI.

Нехай, наприклад, ґрунтові води залягають на глибині 7 м (1 бал за табл. 13.1) та у розрізі зони аерації є шар супісків і легких суглинків потужністю 3 м (2 бали, див. табл. 13.2, № 2, група а).

Таблиця 13.1

Градації глибин залягання рівнів ґрунтових вод і відповідні їм кількості балів

Номер градації	1	2	3	4	5
Глибина H , м	≤ 10	$10 < H \leq 20$	$20 < H \leq 30$	$30 < H \leq 40$	> 40
Кількість балів	1	2	3	4	5

Таблиця 13.2

Градації потужностей слабопроникних відкладів зони аерації та відповідні їм кількості балів

Номер	Потужність	Група відкладів
-------	------------	-----------------

градації	відкладів $m_0, \text{м}$	a	b	c
1	≤ 2	1	1	2
2	$2 < m_0 \leq 4$	2	3	4
3	$4 < m_0 \leq 6$	3	4	6
4	$6 < m_0 \leq 8$	4	6	8
5	$8 < m_0 \leq 10$	5	7	10
6	$10 < m_0 \leq 12$	6	9	12
7	$12 < m_0 \leq 14$	7	10	14
8	$14 < m_0 \leq 16$	8	12	16
9	$16 < m_0 \leq 18$	9	13	18
10	$18 < m_0 \leq 20$	10	15	20
11	> 20	12	18	25

Тоді за сумою балів, що дорівнює 3, ці умови відповідають I категорії захищеності. Якщо ж ґрунтові води залягають на глибині 14 м (2 бали за табл. 13.1) і є шар глин потужністю 5 м (6 балів за табл. 13.2, №3, група с), то сума балів дорівнює 8, що відповідає II категорії захищеності.

Таблиця 13.3

Категорії захищеності ґрунтових вод (за сумою балів)

Категорія захищеності	I	II	III	IV	V	VI
Показник захищеності ϵ	$\epsilon \leq 5$	$5 < \epsilon \leq 10$	$10 < \epsilon \leq 15$	$15 < \epsilon \leq 20$	$20 < \epsilon \leq 25$	> 25

Враховуючи категорію захищеності ґрунтових вод її можна накласти на карту. На карті якісної оцінки захищеність може бути позначена позначена: умовними значками (вкрапленням) - області з різною глибиною залягання рівня ґрунтових вод (0 - градація 1, " - градація 2, ~ - градація 3, V - градація 4, + - градація 5); ізолініями потужності слабопроникних відкладів; суцільним штрихуванням - зони різної літології слабопроникних відкладів (горизонтальні лінії-група а, вертикальні лінії - група б,

похилі лінії- група с); різним кольором - категорії захищеності (категорії I і II - відтінками жовтого кольору, категорія III - помаранчевим кольором, категорії IV-VI - відтінками коричневого кольору; густина відтінків жовтого та коричневого кольорів зростає із зростанням категорії захищеності).

Якщо результуюча карта виявляється завантаженою, то на неї наносяться тільки ділянки різних категорій захищеності.

На карту середнього та великого масштабу виносяться також основні джерела забруднення ґрунтових вод (великі промислові підприємства, поверхневі сховища рідких і твердих відходів, поля фільтрації, поля зрошення стічними водами, великі тваринницькі комплекси тощо) і водозабори підземних вод. Ці об'єкти відзначаються позамасштабним знаком. На карті вказуються ділянки розвитку карсту.

Таблиця 13.4

Вихідні дані для розрахунку оцінки захищеності підземних (ґрунтових) вод

Варіант	Потужності зони аерації, m	Літологічний склад порід зони аерації	Скидання стічних вод	Час досягнення рівня ґрунтових вод, $t (Q)$
1	3	a	на поля фільтрації	100
2	5	a	на поля фільтрації	200
3	7	b	на поля фільтрації	250
4	9	b	на поля фільтрації	300
5	11	c	на комунальні поля зрошення	10
6	13	c	на комунальні поля зрошення	20
7	15	b	на комунальні поля зрошення	30
8	17	c	на комунальні поля зрошення	25
9	19	c	на землеробські поля зрошення	5

10	20	с	на землеробські поля зрошення	15
11	22	б	на землеробські поля зрошення	20
12	25	б	на землеробські поля зрошення	10
13	27	с	на поля фільтрації	370
14	30	с	на поля фільтрації	350
15	2	с	на поля фільтрації	300

Кількісна оцінка захищеності ґрунтових вод

В основі кількісної оцінки захищеності ґрунтових вод лежить визначення часу, за який забруднені води з поверхні землі досягнуть рівня ґрунтових вод.

Оцінка часу досягнення забруднювальними речовинами рівня ґрунтових вод дається для двох схем: фільтрації з поверхневих басейнів стічних вод з постійним рівнем – формула Цункера для першої схеми (13.1) – і скидання стічних вод на поверхню землі з постійною витратою – формули (13.2) і (13.3) для другої схеми.

$$t = (\mu H_0 / \hat{E}_o) [m / H_0 - \ln(1 + m / H_0)], \quad (13.1)$$

де H_0 – висота стовпа стічних вод у сховищі; \hat{E}_o та m – відповідно коефіцієнт фільтрації та потужність зони аерації; μ – дефіцит насичення зони аерації $\mu = n - n_{II}$, n – пористість, n_{II} – початкова вологість порід зони аерації. Оскільки значення n_{II} зазвичай невідоме, замість μ у розрахунках можна використовувати значення n .

$$t = mn / \sqrt[3]{q^2 \hat{E}_o}. \quad (13.2)$$

$$t = \frac{m}{\frac{(1-n)\hat{E}_o}{2m} + \sqrt{\frac{(1-n)^2 \hat{E}_o^2}{4n^2} + \frac{q\hat{E}_o}{n}}}. \quad (13.3)$$

Для розрахунків часу фільтрації за формулою

(13.1) для першої схеми в якості уніфікованого береться значення H_0 рівне 5 м. Зазвичай в поверхневих сховищах стічних вод значення H_0 змінюється в межах 2-10 м; середнє значення H_0 близьке до 5 м, тому воно і обрано як розрахункове.

Для розрахунку часу фільтрації за формулами (13.2) і (13.3) для другої схеми в якості розрахункового значення q береться 0,03 м/добу. Це зумовлено такими міркуваннями. Згідно роботі, скидання стічних вод складається з надходжень: на комунальні поля зрошення 10-30 м³/(га·добу), на землеробські поля зрошення не більше 5-20 м³/(га·добу), на поля фільтрації 100 - 300 м³/(га·добу). У відповідності з цими даними, беручи $Q = 300$ м³/добу і $F = 1$ га = 10⁴ м², визначаємо $q = 0,03$ м/добу. Таким чином, в якості уніфікованих вихідних значень для визначення часу руху забруднених вод при оцінці захищеності ґрунтових вод береться $H_0 = 5$ м і $q = 0,03$ м/добу.

За часом досягнення рівня ґрунтових вод можна виділити такі категорії захищеності ґрунтових вод: I - $t \leq 10$ діб; II - $10 \text{ діб} < t \leq 50$ діб; III - $50 \text{ діб} < t \leq 100$ діб; IV - $100 \text{ діб} < t \leq 200$ діб ; V - $200 \text{ діб} < t \leq 400$ діб; VI - $t > 400$ діб. Чим вища категорія, тим краща захищеність. Стосовно до окремих видів забруднювальних речовин з відомим часом їх розпаду можуть надаватись абсолютні оцінки захищеності ґрунтових вод. Зокрема, це відноситься до бактеріального забруднення і до забруднення окремими видами пестицидів.

На карту наносяться глибина залягання рівня ґрунтових вод, потужність (сумарна) слабопроникних шарів, коефіцієнти фільтрації порід зони аерації і як результуючий показник - категорії захищеності. Додатково на карту кількісних оцінок захищеності ґрунтових вод наносяться ті ж знаки, що і на карту якісних оцінок захищеності.

14. Виконання оцінки захищеності напірних підземних вод

Метою є: ознайомитися із оцінкою захищеності напірних підземних вод, розрахувати їх.

Завдання. Розрахувати захищеність напірних підземних вод за якісною та кількісною оцінкою згідно вихідних даних таблиці 14.1.

Методика виконання. За дослідженнями Н.Л. Лободи та ін. (у навчальному посібнику «Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище», Одеса, 2017. – 199 с.)

Аналіз захищеності напірних вод проводиться для першого від поверхні напірного горизонту. Забруднювальні речовини в цей напірний горизонт можуть потрапити зверху, з розташованого вище водоносного горизонту, води якого з тих чи інших причин забруднені. У багатьох випадках таким горизонтом буває горизонт ґрунтових вод.

Оцінка захищеності напірних вод може виконуватись на основі таких показників: 1) потужності водотриву (покрівлі напірного горизонту), 2) літології водотриву; 3) фільтраційних та міграційних параметрів водотриву і 4) співвідношення рівнів досліджуваного і вище розташованого водоносного горизонту. Надходження забруднювальних речовин з верхнього горизонту в горизонт напірних вод крізь водотривий шар відбувається в результаті перетікання (конвективного переносу), молекулярної дифузії або спільної дії цих процесів. Основна роль у надходженні забруднювальних речовин належить конвективному переносу, масштаби якого в умовах зони активного водообміну в багато разів перевищують дифузійне перенесення.

Важливим для оцінки захищеності напірного горизонту є співвідношення рівнів напірного і вище розташовано горизонтів, яке визначає механізм надходження забруднювальних речовин в напірний горизонт.

Якщо позначити рівень верхнього горизонту через H_1 , а нижче розташованого напірного горизонту через H_2 , то для визначення захищеності напірного горизонту можуть бути виділені три випадки:

1) $H_2 > H_1$ 2) $H_2 \approx H_1$ і 3) $H_2 < H_1$. У першому випадку, коли рівні досліджуваного напірного горизонту вищі від рівнів горизонту ґрунтових вод, за наявності витриманого за площею і

досить потужного водотриву, що забезпечує збереження цього перепаду рівнів, розглянутий напірний горизонт може вважатися захищеним з великою ймовірністю для будь-яких видів забруднювальних речовин, поки виконується умова $H_2 > H_1$. При такому співвідношенні рівнів, коли вертикальний градієнт потоку спрямований знизу вгору (позитивний градієнт), неможливо надходження конвективним шляхом забруднювальних речовин з верхнього горизонту в нижче розташований. Рух забруднювальних речовин через водотриви в нижній водоносний горизонт в цих умовах може відбуватися тільки за механізмом молекулярної дифузії. Однак дифузійне перенесення буде гальмуватися через те, що градієнт концентрації, який зумовлює процес дифузії, і вертикальний градієнт напору спрямовані в протилежні сторони (назустріч один одному). Тому ці гідрогеологічні умови характеризують найкращу захищеність напірних вод від надходження в них забруднювальних речовин з вище розташованого горизонту.

Менш сприятливою є гідродинамічна ситуація, коли рівні нижчі-й вищі від розташованих горизонтів збігаються ($H_1 \approx H_2$). У цьому випадку відсутній спрямований знизу вгору вертикальний градієнт напору, який перешкоджає руху забруднених вод зверху. Але в той же час відсутній спрямований зверху вниз градієнт напору (від'ємний градієнт), за рахунок якого могло б відбуватися перетікання крізь водотрив забруднених вод зверху. Надходження забруднювальних речовин в горизонт напірних вод з вище розташованого горизонту здійснюється внаслідок дифузії, яка за цих умов не гальмується позитивним градієнтом напору.

Найбільш несприятливими гідродинамічними умовами для захищеності напірного горизонту є такі, коли рівні напірного горизонту нижчі від рівнів вище розташованого $H_2 < H_1$. У цьому випадку має місце спрямований зверху вниз вертикальний градієнт напору і виникають гідродинамічні умови для перетікання забруднених вод з вище розташованого горизонту в нижче розташований горизонт напірних вод. Перенесення забруднювальних речовин крізь водотрив відбуватиметься за

рахунок конвекції і дифузії, спрямованих в один бік.

Таким чином, співвідношення напірних рівнів зумовлює можливість і характер надходження забруднювальних речовин в напірний горизонт і має велике значення для його захищеності.

Разом з тим, незважаючи на важливість цього показника, його не можна взяти як основний для оцінки захищеності напірного горизонту. Це пояснюється тим, що співвідношення рівнів підземних вод внаслідок їх експлуатації може змінюватися в часі. Так, якщо рівні експлуатованого горизонту спочатку були вищі від рівня ґрунтових вод і напірний горизонт був захищений від надходження в нього забруднених ґрунтових вод, то надалі внаслідок відбору підземних вод співвідношення рівнів може стати зворотним, що створить передумову для перетікання ґрунтових вод в напірний горизонт і захищеність останнього істотно погіршиться. Таким чином, якщо співвідношення рівнів може змінюватися в часі, то змінною в часі може бути і захищеність горизонту напірних вод. Це важлива обставина, яку необхідно враховувати при аналізі захищеності напірних вод. Звідси можна зробити такі висновки: карти захищеності напірних вод повинні складатися за станом на певний період часу; співвідношення рівнів на досліджуваній території повинно контролюватися в часі; на території, в межах якої вивчається захищеність напірних вод, мають бути обладнані свердловини (на досліджуваному напірному і вище розташованому горизонтах) для контролю співвідношення рівнів підземних вод.

Як основний показник захищеності напірних вод доцільно брати *потужність водотриву*. Іншими важливими показниками є літологія водотривких порід, зумовлені нею фільтраційні властивості цих порід і розглянуте вище співвідношення рівнів підземних вод.

У зоні розвитку прісних підземних вод водотриви здебільшого представлені глинистими породами, іноді мергелями і карбонатними відкладами. Вважається, що найбільш надійними є глинисті водотриви, хоча це положення і не завжди може витримуватися. Екрануючі властивості глинистого водотриву будуть різними залежно від типу глинистих мінералів:

більш надійним є водотрив, коли у складі глин переважає монтморилоніт, і менш надійним - коли переважає каолінит.

Оцінка захищеності напірних вод може бути якісною і кількісною.

Якісна оцінка захищеності напірних вод

Якісна оцінка виконується за потужністю водотриву або за відношенням потужності водотриву до його коефіцієнта фільтрації з використанням даних про співвідношення рівнів підземних вод.

Виділяються такі градації потужності водотриву m_0 : I - $m_0 \leq 5$ м; II - $5 \text{ м} < m_0 \leq 10$ м; III - $10 \text{ м} < m_0 \leq 20$ м; IV - $20 \text{ м} < m_0 \leq 30$ м; V - $30 \text{ м} < m_0 \leq 50$ м; VI - $m_0 > 50$ м.

Оцінки захищеності по m_0 на основі цих градацій є порівняльними, а саме: захищеність II краща, ніж I, а III краща, ніж II, і т.д.

Якщо відомі фільтраційні властивості водотриву (коефіцієнт фільтрації K_f), то якісна оцінка захищеності може виконуватись за параметром $\alpha = m_0/K_0$, де K_0 – коефіцієнт фільтрації водотриву. Захищеність підземних вод тим краща, чим більша m_0 і менший K_0 . Фізично параметр α (захищеність) характеризує час фільтрації (кількість діб) при вертикальному градієнті напору, рівному одиниці. Якщо для потужності водотриву взяти наведені вище значення m_0 , а для коефіцієнта фільтрації взяти інтервал значень від 10^{-3} до 10^{-5} м/добу, то параметр α буде змінюватися від 10^3 до 10^7 діб.

За значенням параметра α виділяються такі інтервали: I- $\alpha < 10^3$; II- $10^3 < \alpha \leq 10^4$; III - $10^4 < \alpha \leq 10^5$; IV- $10^5 < \alpha \leq 10^6$; V- $10^6 < \alpha \leq 10^7$; VI - $\alpha > 10^7$.

Оцінка захищеності напірного горизонту за параметром α також носить порівняльний характер.

На основі поєднання двох показників (m_0 і співвідношення рівнів H_2 досліджуваного напірного горизонту і H_1 - вище розташованого горизонту) можна виділити такі основні групи захищеності напірних вод:

I (захищені) - напірні води, перекриті витриманим за площею

і без порушення суцільності водотривом при $m_0 > 10$ м і $H_2 > H_1$;

II (умовно захищені)-напірні води, перекриті витриманим за площею водотривом без порушення суцільності при $5 \text{ м} \leq m_0 < 10$ м і $H_2 > H_1$ (а) і $m_0 > 10$ м та $H_2 \leq H_1$ (б);

III (незахищені)-водотрив невеликої потужності $m_0 < 5$ м і $H_2 \leq H_1$ (а) або водотрив, не витриманий по площі з порушеннями суцільності (літологічні «вікна», зони інтенсивної тріщинуватості, розломи), $H_2 \leq H_1$.

У групі I захищеність напірних вод забезпечується великою потужністю водотриву і такими гідродинамічними умовами, при яких неможливо перетікання забруднених підземних вод зверху. Всередині групи I захищеність буде неоднаковою залежно від потужності водотриву і перепаду рівнів: вона буде тим вища, чим більші m_0 і ΔH .

Необхідно підкреслити, що якщо водотрив не витриманий за площею і є порушення його суцільності, то навіть при $H_2 > H_1$ напірний горизонт не може вважатися захищеним.

Незахищеними також є напірні води в таких випадках (крім зазначених у групі III): у річкових долинах, коли водотрив прорізується руслом річки; в карстових районах, якщо водотрив захоплюється карстовими процесами; в районах зі складними тектонічними умовами в зоні активного водообміну та інтенсивними неотектонічними рухами.

Через те, що виділення категорій «захищені» і частково «умовно захищені» включає гідродинамічний показник $H_2 \geq H_1$, то ця умова, як уже зазначалося, має постійно контролюватися.

На карті якісних оцінок захищеності напірних вод відображаються: потужність водотриву (кольором), перепад рівнів (умовними позначками), групи захищеності I-III (штриховкою). На карті вказуються водозабори, які експлуатують досліджені водоносні горизонти; ділянки з розвіданими запасами підземних вод цих горизонтів; джерела забруднення; ділянки забруднення водоносних горизонтів; напрямок руху підземних вод.

Кількісна оцінка захищеності напірних вод

Кількісна оцінка захищеності напірних вод може виконуватись за часом фільтрації забруднених вод з вищерозташованого горизонту в досліджуваний напірний горизонт через водотрив, який розділяє ці горизонти. Час фільтрації залежить від потужності водотриву m_0 , коефіцієнта фільтрації водотривких порід K_0 і наближено оцінюється за формулою

$$t = \frac{m_0^2 n}{K_0 \Delta H}, \quad (14.1)$$

де $\Delta H = H_1 - H_2$; n - пористість водотривких порід.

З параметрів, що входять у формулу, найменш вивченою і важко визначуваною величиною є пористість (мається на увазі активна пористість) слабопроникних і насамперед глинистих порід. Тому умовно в розрахунках часу фільтрації крізь водотрив пористість може братися рівною 0,01. Коефіцієнт фільтрації глинистих порід для розрахунку приймаємо в межах 0,001-0,01.

Кількісна оцінка захищеності виконується при $H_2 \leq H_1$ через те, що в цьому випадку утворюються гідродинамічні умови для перетікання забруднених вод зверху.

Виділяються такі градації часу фільтрації забруднених вод з вище розташованого горизонту в горизонт напірних вод: I - $t \leq 1$ року; II- $1 < t \leq 5$; III- $5 < t \leq 10$; IV- $10 < t \leq 20$ і V- $t > 20$ років.

Захищеність напірних вод тим краща, чим більший час фільтрації. Співставляючи час фільтрації з відомим часом розпаду окремих забруднювальних речовин у водному середовищі, можна орієнтовно оцінити, стосовно до яких забруднювальних речовин водоносний горизонт є захищеним.

Виділеним градаціям часу фільтрації відповідають градації захищеності: I - $t < 1$ року, II- $2-1$ року $< t \leq 5$ років, III- $3 - 5$ років $< t \leq 10$ років, IV - 10 років $< t \leq 20$ років й V $t > 20$ років. Ці градації за часом відповідають виділеним під час якісної оцінки групи II «умовно захищеним» (градації 2-5) і групи III «незахищеним».

На карті кількісних оцінок захищеності напірних вод відображаються: *ізопахіти* - потужність водотриву, кольором - час фільтрації, умовними позначками - перепад рівнів, штрихуванням - ділянки незахищених напірних вод. Останні виділяються за ознаками, описаними при якісній оцінці. На карту наносяться: водозабори, які експлуатують досліджувані водоносні горизонти; розвідані ділянки із встановленими запасами підземних вод; джерела забруднення підземних вод; ділянки забруднення досліджуваних водоносних горизонтів; напрям руху підземних вод.

Таблиця 14.4

Вихідні дані для розрахунку оцінки захищеності напірних підземних вод

Варіант	Потужності зони аерації, m_0 , м	Літологічний склад порід зони аерації	Досліджуваний напірний горизонт, H_2 , м	Вище розташований горизонт, H_1 , м
1	3	глинисті породи	5,0	0,5
2	5	глинисті породи	6,2	0,8
3	7	глинисті породи	8,9	0,3
4	9	глинисті породи	10,0	0,6
5	2	глинисті породи	4,5	0,3
6	6	глинисті породи	7,2	8,2
7	8	глинисті породи	8,7	9,9
8	9	глинисті породи	7,5	6,7
9	4	глинисті породи	4,8	5,9
10	8	глинисті породи	8,4	9,0

15. Вивчення основних видів робіт що виконуються при «Оцінці впливу на довкілля» стосовно охорони

підземних вод

Метою є: ознайомитися з основними видами робіт, що виконуються при «Оцінці впливу на довкілля» стосовно охорони підземних вод.

Завдання. Вивчити основні види робіт, що виконуються при «Оцінці впливу на довкілля» стосовно охорони підземних вод, на прикладі, звіту з ОВД.

Методика виконання. В 2017 році ВРУ був прийнятий Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». А в 2021 році Міністерство розвитку громад та територій України затвердило у ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)». В якому є вісім розділів, один із яких «Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище», зокрема, водне середовище.

До складу матеріалів підрозділу “*Водне середовище*” включають результати аналізу порушення гідрологічних і гідрогеологічних параметрів водних об’єктів і територій у зонах впливів планованої діяльності, впливи на поверхневі і підземні води пріоритетних і специфічних забруднюючих речовин, що надходять у водне середовище при скидах стічних вод і фільтраційних витоків.

Результати аналізу повинні відображати розподіл оцінюваних показників по акваторії і території, у контрольних створах, враховувати впливи, що підсумовуються, обґрунтовувати санітарні попуски, допустимі скиди і фільтраційні витоків.

У матеріалах характеризуються поверхневі, морські води та підземні води.

Матеріали, що характеризують підземні води, включають відомості про басейн підземних вод, потужність зони активного водообміну, розвиток горизонтів підземних вод і їх взаємний зв’язок, господарське використання, характеристику мережі гідрогеологічних спостережень.

Оцінка впливів планованої діяльності на підземні води виконується для ґрунтових вод і водоносних горизонтів, що використовуються для питних, господарських, лікувальних

та інших цілей з врахуванням кількості оцінених (затверджених) запасів підземних вод, лімітів водокористування (якщо такі вже встановлені). При оцінці впливів розглядають:

- морфометричні, гідродинамічні, фільтраційні і водно-балансові параметри;
- якість вод, включаючи фізичні, хімічні, санітарно-гігієнічні та інші характеристики згідно з чинним законодавством;
- умови природної захищеності.

Окремо викладаються матеріали щодо якості води в місцях живлення водоносних горизонтів та водозабору.

Наводиться інформація щодо розміру зон санітарної охорони джерел та споруд централізованого водопостачання населених місць та централізованого питного водопостачання окремих об'єктів, прибережних захисних і водоохоронних зон водних об'єктів, що попадають в зону можливого впливу об'єкта планованої діяльності.

Обґрунтовуються заходи щодо запобігання або зменшення надходження у водне середовище забруднюючих речовин, порушення гідродинамічного режиму, виснаження поверхневих і підземних водних ресурсів, погіршення стану вод і деградації угруповань водних організмів. Розрахунки показників якості поверхневих вод повинні бути виконані для найнесприятливіших гідрологічних періодів упродовж року (зимова або літня межінь).

Розглянемо основні види робіт, що виконуються при «Оцінці впливу на довкілля» стосовно охорони підземних вод, на прикладі звіту з ОВД планової діяльності при будівництві глибоководної артезіанської свердловини для питного і господарсько-побутового водозабезпечення населення в с. Гайдари Зміївського району Харківської області у 2019 році:

1) Планована діяльність, буріння свердловини та її подальша експлуатація, належить до другої категорії видів діяльності та об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають оцінці впливу на довкілля ч. 1,3,13 пункту 3 статті 3 Закону № 2059-VIII «Про оцінку впливу на довкілля» (буріння з метою водопостачання; видобування корисних копалин).

Потенційний вплив від буріння свердловини та планованої діяльності водозабору поширюється на геологічне, водне, техногенне та соціальне середовище, що може бути виражено у забрудненні території, виснаженні експлуатаційних водоносних комплексів, можливому погіршенні якості підземних вод через порушення санітарних умов будівництва та експлуатації свердловини.

2) Щодо обмеження у використанні земельних ділянок під час виконання підготовчих і будівельних робіт та провадження планованої діяльності. То провадження планованої діяльності прийняті екологічні, санітарно-гігієнічні, протипожежні та територіальні обмеження, спрямовані на:

- захист здоров'я населення та забезпечення його безпеки;
- дотримання вимог не перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин в атмосфері населених пунктів, не перевищення нормативно-допустимих рівнів шуму за межами санітарно-захисної зони;

- забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності населення під час проведення бурових і монтажних робіт та в процесі експлуатації об'єкта планованої діяльності, додержання нормативів щодо шкідливих впливів на навколишнє природне середовище;

- обов'язкова утилізація можливих шкідливих речовин і відходів;

- заборона скидання в річки та інші водоймища, потрапляння в ґрунтові води виробничих та господарсько-побутових стоків.

3) Оцінюються впливи на підземні води, що мають місце під час виконання різних видів робіт: у виробничому процесі під час спорудження свердловини; використання земель, ґрунтів, біорізноманіття.

4) Оцінка за кількістю очікуваних відходів.

5) Відходи ґрунтів.

6) Відходи води.

Так, після спорудження свердловини проводиться дослідна і експлуатаційна відкачки. Згідно проекту планована тривалість

відкачок складе 22 доби (табл. 15.1).

Таблиця 15.1
Кількість води, що скидатиметься за період дослідно-
фільтраційних робіт

Вид відкачки	Дебіт м ³ /год	Дебіт, м ³ /добу	Кількість діб	Загальна кількість відкачуваної води, м ³
Прокачування буровим насосом	12	288	3	864
Дослідна 1 зниження	12	288	5	1440
Дослідна 2 зниження (+30% до основного дебіту)	15	360	5	1800
Експлуатаційна	12	288	9	2592
Всього за період дослідних робіт, м ³				6696

Прогнозований об'єм скиду чистої води за 22 доби складе 6696 м³.

Для відводу відкачуваної чистої води планується прокласти тимчасовий трубопровід до місць природного пониження рельєфу. Чиста вода не завдасть шкоди рослинам та не викличе підтоплення територій через тимчасовість робіт.

Планована експлуатація свердловини, після її спорудження є безвідходною, оскільки подача води відбуватиметься автоматично, надлишковий видобуток та скид виключається.

7) Оцінка очікуваних викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

8) Оцінка за видами та кількістю очікуваного забруднення води. При дотриманні технології спорудження свердловини, а саме перекриття обсадними трубами вище залягаючих водоносних горизонтів та облаштування устя герметичним оголовком забруднення підземних вод у процесі її спорудження не очікується.

На час періоду експлуатації свердловини спеціальним проектом передбачено організацію зон санітарної охорони згідно нормативних документів та розрахунків.

У межах проектного майданчика відсутні джерела та поверхневі водні об'єкти, тому вплив на поверхневі води від спорудження і експлуатації свердловини виключається.

9) Оцінка за видами та кількістю забруднення ґрунту та надр.

10) Оцінка за видами та кількістю шумового забруднення.

11) Оцінка вібраційного, світлового, теплового та радіаційного забруднення, а також випромінення, які виникають у результаті виконання підготовчих і будівельних робіт та провадження планованої діяльності.

12) Надається характеристика геологічного середовища, підземної гідросфери (характеристика кількісного та якісного стану водоносного горизонту).

13) Фактори довкілля, які ймовірно зазнають впливу з боку планової діяльності (здоров'я населення, стан фауни і флори, ґрунти, водне середовище, підземна гідросфера, повітряне середовище, кліматичні фактори, техногенне середовище, матеріальні об'єкти, ландшафт, соціально-економічні умови). Щодо *підземної гідросфери*, то за даними звіту - за умов недотримання технології спорудження свердловини існує ризик виснаження або забруднення водоносних комплексів.

14) Опис і оцінка можливого впливу на довкілля планової діяльності. Де описуються окремо підготовчі роботи, будівельні (спорудження свердловини), експлуатація свердловини.

Підземна гідросфера. Основними ризиками для підземної гідросфери при експлуатації водної свердловини є виснаження (критичне зниження рівня підземних вод) водоносного комплексу, або його забруднення, що призведе до негативних епідеміологічних наслідків не тільки у межах даного населеного пункту.

Щоб уникнути такої ситуації та не завдати шкоди довкіллю, перед початком експлуатації потрібно визначитися з експлуатаційним дебітом свердловини, фактичним та прогнозним зниженням рівня підземних вод у даному водоносному комплексі. Для цього спочатку визначають допустиме зниження рівня води у свердловині, проводять дослідні роботи, визначають гідрогеологічні параметри водоносного комплексу. У разі спорудження нових свердловин попередній розрахунок проводиться за результатами дослідів проведених у аналогічних свердловинах на даній місцевості.

У Зміївському районі альб-сеноманський водоносний комплекс експлуатується доволі інтенсивно - у м. Зміїві, Бірках, Таранівці, Андріївці, Пасіках, смт Слобожанське, смт Лиман, м. Балаклія. У смт Слобожанське запаси підземних вод альб-сеноманського водоносного комплексу затверджені 22.08.1974 протоколом УкрТКЗ № 3597 у обсязі 44 100 м³/добу, визначені гідрогеологічні параметри становлять: коефіцієнт водопровідності 610 м²/добу, п'єзопровідності - 3,5·10⁶ м²/добу. Крім того запаси підземних вод оцінені та затверджені для ПрАТ «Центренерго» (коефіцієнт водопровідності 509 м²/добу п'єзопровідності 1,72·10⁷) та Зміївської овочевої фабрики (коефіцієнт водопровідності 65 м²/добу, п'єзопровідності - 2,9·10⁶ м²/добу).

В середньому у даному районі водопровідність водоносного комплексу складає близько 240 м²/добу, коефіцієнт п'єзопровідності - 3,5·10⁶ м²/добу.

Враховуючи, що наразі для нової проектної свердловини проводиться попередній розрахунок прогнозного зниження, для отримання інженерного запасу, приймемо найжорсткіші гідрогеологічні параметри: коефіцієнт водопровідності 65 м²/добу, п'єзопровідності - 1,7·10⁷ м²/добу.

Отримане прогнозне зниження, без урахування роботи інших водозаборів, на кінцевий термін експлуатації складе 11,3 м.

Допустиме зниження рівня води у проектній свердловині, враховуючи очікуваний статичний рівень - 110 м, складає 747 м.

Враховуючи роботу великої кількості водозаборів, що обладнані на даній водоносний комплекс у Харківській, Полтавській та Сумській областях, з можливим водовідбором у кількості затверджених запасів (більшість водозаборів на разі мають у двічі меншу потужність) прогнозне зниження може досягти 253,3 м. Але навіть за таких умов прогнозне зниження рівня води не перевищить допустимого, суттєвого впливу на альб-сеноманський водоносний комплекс від роботи нової свердловини не відбудеться.

Оцінка можливого впливу буріння та експлуатації водної свердловини на якість підземних вод цільового водоносного

комплексу.

За проектом, буріння свердловини буде відбуватися з промиванням глинистим розчином за дотримання санітарних норм, буріння водонасичених порід цільового водоносного комплексу передбачається з промивкою чистою водою, тому його забруднення чи глинизація виключається. Зміна якості підземних вод водоносного комплексу через змішування їх з поверхневими чи підземними водами інших водоносних горизонтів, враховуючи проектну конструкцію водозабірної свердловини, виключається. Для виключення перетікань підземних вод по затрубному простору передбачено встановлення та цементування на всю глибину обсадних колон.

Можливість забруднення підземних вод безпосередньо через ґирло свердловини виключається, оскільки, згідно проекту, устя облаштовується оголовком та знаходиться в насосній станції підземного типу, що зачиняється на замок.

Для виключення можливого негативного впливу на якість підземних вод експлуатаційного водоносного комплексу, згідно Постанови Кабінету Міністрів №2024 «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів» навколо водозабірної свердловини встановлюються охоронні зони.

Проект буріння свердловини вміщує спеціальний розділ у якому зазначено правовий режим зон санітарної охорони свердловини та розраховано розміри 2-го та 3-го поясів ЗСО.

Для першого поясу ЗСО нової свердловини планується огорожа розміром 30х30м із металевої сітки на бетонних стовпах.

Територія першої зони суворого санітарного режиму буде спланована для відводу поверхневих та талих вод.

Межі 2-го та 3-го поясів ЗСО визначаються спеціальними розрахунками відповідно до діючих методик.

Для розрахунків використовувалися дані зі звіту про результати робіт з розвідки підземних вод питного водопостачання «Отчет о детальной разведке подземных вод для централизованного водоснабжения г. Змиева Харьковской области с подсчетом эксплуатационных запасов» м. Харкова».

Вихідні параметри наведені в таблиці 15.2, результати розрахунку в табл. 15.3. Графічне відображення на рис. 15.1.

Таблиця 15.2

Вихідні параметри для розрахунку поясів
ЗСО

Параметр	Одиниці вимірювання	Індекс	Показник
Дебіт свердловини	м ³ /добу	Q	288
Коефіцієнт водопровідності	м ² /добу	km	307,2
Ефективна потужність водоносного комплексу	м	m	40
Ефективна пористість	од.	p	0,19
Середній ухил потоку	од.	i	0,003
Час виживання мікроорганізмів (II пояс ЗСО)	доба	T _м	200
Час експлуатації свердловини (III пояс ЗСО)	доба	T _x	10000

Таблиця 15.3

Розрахункові параметри поясів ЗСО

Параметр	Одиниці вимірювання	Індекс	Показник	
			II пояс ЗСО	III пояс ЗСО
Відстань від водозабору до водорозділової точки	м	X _b	50	
Розрахунковий параметр	од.	T	0,49	24,4
Питома витрата потоку підземних вод	м ² /добу	q	0,9216	0,9216
Розрахунковий параметр	од.	R̄	1,25	27,4
Розрахунковий радіус	од.	r̄	0,75	1
Радіус великий	м	R	62	1363
Радіус малий	м	r	38	50
Довжина поясу ЗСО	м	L	100	1628
Область захвату: ширина	м	2d	97	341,6

У межі другого поясу ЗСО свердловини потрапляють, городи, пустир та автомобільна дорога.

У межі третього поясу житлові будинки, городи, сади, лісові насадження, частково територія рекреаційного центру

«Park ROST club».

Кладовища, скотомогильники, місця несанкціонованих звалищ ТПВ, покинуті свердловини та інші потенційні джерела забруднення у межах 3-го поясу ЗСО відсутні.

Для запобігання забруднення підземних вод з поверхні по II і III поясах ЗСО водозабору передбачаються наступні загальноохоронні заходи:

- виявлення, ліквідація (чи відновлення) усіх неробочих старих, дефектних чи неправильно експлуатованих свердловин, що представляють небезпеку у відношенні можливості забруднення водоносного комплексу;

- суворе регулювання буріння нових свердловин і будь-якого нового будівництва при обов'язковому узгодженні з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби, гідрогеологічної служби і управління екологічної безпеки;

- заборона нагнітання відпрацьованих вод у підземні горизонти, підземного складування твердих відходів і розробки надр землі, що може привести до забруднення водоносного горизонту;

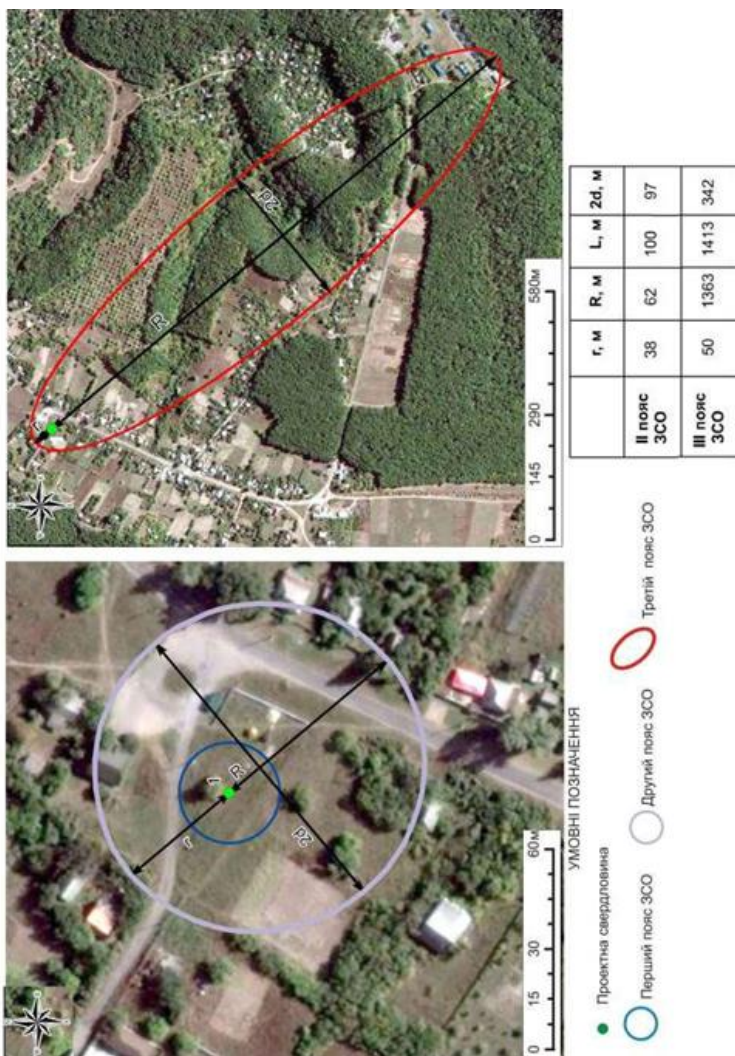


Рис. 15.1. Схема першого поясу зони санітарної охорони проектної свердловини

- заборона розміщення нагромаджувачів промстоків,

шламосховищ, складів пально-мастильних матеріалів, складів отрутохімікатів і мінеральних добрив та інших об'єктів, що обумовлюють небезпеку хімічного забруднення підземних вод; розміщення таких об'єктів допускається в межах 3-го поясу ЗСО за умови виконання спеціальних заходів щодо захисту водоносного горизонту від забруднення і за узгодженням з вищезгаданими органами санітарного контролю та геологічної служби.

У другому поясі ЗСО, крім заходів, загальних для другого і третього поясів і зазначених вище, забороняється наступне:

- заборона споруджень підземної фільтрації, що обумовлюють небезпеку мікробного забруднення підземних вод;
- застосування добрив і отрутохімікатів.

У першому поясі ЗСО додатково до заходів, зазначених вище для 2-го поясу, передбачаються наступні заходи:

- територія повинна бути спланована для відводу поверхневого стоку за її межі, озеленена, огорожена і забезпечена постійною охороною;

- забороняються усі види будівництва, що не мають безпосереднього відношення до експлуатації, реконструкції і розширення водозабору і водопровідних споруджень, у тому числі житлових і господарських приміщень, прокладка трубопроводів різного призначення, проживання людей (у тому числі працюючих на водозаборі);

- будинки повинні бути каналізовані з відведенням стічних вод у систему каналізації чи на місцеві очисні споруди, розташовані за межами першого поясу ЗСО чи з урахуванням санітарного режиму на території другого поясу ЗСО;

- передбачається суворе виконання санітарно-технічних вимог до конструкції водозабірної свердловини (оголовок, устя, затрубний простір і ін.);

- водозабірна свердловина повинна бути обладнана апаратурою для систематичного контролю відповідності фактичного дебіту при експлуатації і проектній продуктивності.

Ліквідаційні роботи:

- демонтаж агрегату;
- рекультивация ділянки - планування території та повернення на місце родючого шару ґрунту;
- перевезення бурової та її обладнання на інший об'єкт.

Впливу на довколишнє середовище від ліквідаційних робіт не очікується.

15) Використання у процесі провадження планованої діяльності природних ресурсів, зокрема земель, ґрунтів, води та біорізноманіття.

16) Опис методів прогнозування використаних для оцінки впливу планової діяльності на довкілля.

Так, згідно звіту методика оцінки ризику виснаження цільового водоносного комплексу включає: 1) Визначення гідрогеологічних параметрів використаних при оцінюванні прогнозного зниження рівня води.

Гідрогеологічні параметри прийняті для розрахунку прогнозного зниження рівня води у водоносному комплексі відповідають визначеним дослідним шляхом при оцінюванні запасів підземних вод на родовищах ПрАТ «ЗОФ» та ПАТ «Центренерго». Коефіцієнт водопровідності і п'єзопровідності прийняті найменшими, з огляду на стадію робіт, для отримання інженерного запасу: k_m - 65 м²/добу, а - 1,72·10⁷ м²/добу.

2) Визначення прогнозного зниження рівня води у свердловинах на кінцевий термін експлуатації.

Визначення ступеню впливу експлуатації водозабору на експлуатаційний водоносний комплекс було виконане за допомогою гідродинамічного методу, суть якого полягає у розрахунку прогнозного зниження рівня води через 25 років (кінцевий термін експлуатації) при заданому водовідборі.

Загальне зниження статичного рівня у свердловині визначається за формулою:

$$S = \frac{0,183 \cdot Q}{K_m} \lg \frac{2,25a \cdot t}{r^2}, \quad (15.1)$$

де: Q - прогнозний дебіт свердловини, м³/добу; K_m – коефіцієнт водопровідності, м²/добу; a – коефіцієнт п'єзопровідності

(значення прийняте за загальним досвідом експлуатації бучацько-канівського водоносного горизонту, $m^2/\text{добу}$; t – час експлуатації свердловини, доба; r – радіус свердловини, м.

Розрахунок проведено без урахування знижки від сусідніх діючих водозабірних свердловин.

Такі розрахунки проводяться на детальній стадії розвідки родовищ підземних вод.

Визначення зниження прогнозного рівня води у віддаленій від водозабору точці виконується за цією ж формулою (15.1), але замість радіусу свердловини використовується відстань від точки до водозабору.

3) Методика визначення допустимого зниження рівня підземних вод у експлуатаційному водоносному комплексі.

Допустиме зниження рівня води $S_{\text{доп}}$ у свердловині, що обладнана на напірний водоносний горизонт дорівнює висоті напору над покрівлею водоносного горизонту.

4) Методика розрахунку зон санітарної охорони водозабору (захист від можливого забруднення підземних вод).

Для розрахунку ЗСО експлуатаційної свердловини для АСВК приймається розрахункова схема одношарового безмежного ізольованого напірного пласта. Вихідні дані для розрахунку наводяться у звіті.

17) Опис передбачених заходів, спрямованих на запобігання відведення, уникнення, зменшення, усунення значного негативного впливу на довкілля у тому числі за (за можливості) компенсаційних заходів.

- Узгодження проекту згідно вимог діючого законодавства та одержання дозволу на початок робіт;

- на період особливо несприятливих метеорологічних умов, згідно і прогнозами метеослужби, на ділянці спорудження свердловини робота бурового верстату і автотранспорту має бути припинена;

- застосування в якості промивального реагента при бурінні свердловини по вище розміщеним горизонтам глинистого розчину, а при розкритті і бурінні цільового водоносного комплексу - чистої води питної якості;

- проведення цементації затрубного простору обсадних колон відповідно до прийнятої конструкції свердловини;
- облаштування герметичного оголовка свердловини; встановлення трубного перфорованого сітчастого фільтру із нержавіючої сталі та засипка затрубного простору фільтрової колони гравієм;
- проведення пробно-експлуатаційної відкачки із свердловини для визначення дійсних робочих параметрів, хімічного та бактеріологічного складу води.
- для запобігання забруднення водоносного комплексу, навколо водозабірних ділянок, відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» визначено та встановлено межі 1-го поясу ЗСО розмірами 30х30 м; проведено попередній розрахунок меж 2-го та 3-го поясів ЗСО;
- планування майданчика навколо свердловини з урахуванням відводу поверхневих стоків дощових і талих вод.

Окремі заходи щодо безпеки працівників під час проведення робіт (охорона праці):

- небезпечні зони постійно діючих факторів повинні бути огорожені, потенційно діючих - позначені знаками у відповідності з вимогами ДСТУ Б В.2.8- 43:2011.
- електробезпека робіт забезпечується згідно ДСТУ Б А.3.2-13:2011.
- експлуатація будівельних машин повинна виконуватись у відповідності з вимогами ДБН А.3.1.5-96 та інструкції заводів-виробників.

В період підготовчих робіт та будівництва свердловини:

- виконання робіт відповідно проекту організації будівництва та проекту виробництва робіт з урахуванням діючих санітарних, будівельних та екологічних норм України;
- проведення робіт протягом денного часу доби, що забезпечить тишу в житловій забудові в вечірній та нічний час;
- заборона роботи будівельних машин і механізмів в форсованому режимі або вхолосту для попередження додаткового шумового впливу;

- використання тільки спеціалізованої техніки;
- проведення робіт кваліфікованими будівельно-монтажними організаціями з дотриманням заходів техніки безпеки та охорони навколишнього природного середовища;
- благоустрій та озеленення внутрішньої території майданчика по закінченню будівельних робіт.

Протягом виконання підготовчих, будівельних робіт очікується епізодичний і незначний вплив на атмосферне повітря, ґрунт, підземну гідросферу та вплив зумовлений операціями у сфері поводження з відходами;

в період експлуатації свердловини:

- здійснення роботи відповідно до затвердженого технологічного регламенту, з додержанням вимог чинного природоохоронного, санітарного законодавства України та вимог пожежної безпеки;

- застосування в технологічному процесі сировини та матеріалів які мають відповідні сертифікати якості;

- підтримання у повній технічній справності технологічного устаткування, регулярне проведення його наладки, забезпечення герметичності оголовка свердловини;

Ресурсозберігаючі заходи:

- розміщення об'єкту планованої діяльності в межах спеціально відведеної території без додаткового залучення земельних ділянок;

- режим раціонального використання електроенергії;

Захисні заходи:

- ведення обліку видобутої води за допомогою лічильника;
- ведення контролю рівневого режиму експлуатаційного водоносного комплексу;

- застосування заходів, що попереджають виникнення пожеж, вибухів та інших аварійних ситуацій;

- для запобігання забруднення водоносного комплексу, навколо водозабірної ділянки, відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» встановлюються межі 1 -го поясу ЗСО;

В частині обслуговування свердловин:

- ретельно слідкувати за герметичністю оголовка, не допускати потрапляння сторонніх предметів та поверхневих вод до стовбуру свердловини;
- контролювати цілісність водогонів, вчасно ліквідувати протікання води не допускаючи її марнотратства;
- контролювати технічний стан стовбуру свердловини за допомогою геофізичних методів (для запобігання водопритоку з інших водоносних горизонтів);
- контролювати якість та температуру води;
- у разі виникнення ускладнень експлуатації повинні бути вжиті заходи з їх усунення, своєчасного проведення ремонтно-ізоляційних робіт, консервації та ліквідації свердловини.

Охоронні заходи:

- необхідність функціонування системи моніторингу за станом підземних вод;
- періодично виконувати обстеження 1-3 поясів зон санітарної охорони свердловини на предмет виявлення потенційних джерел забруднення. У разі виявлення недіючих, старих, дефектних свердловин, що являють небезпеку у відношенні можливості забруднення водоносного горизонту їх необхідно ліквідувати чи відновити. Регулювати буріння нових свердловин і будь-якого нового будівництва, за умови обов'язкового узгодження з місцевими органами державного нагляду за дотриманням санітарного законодавства, геологічної служби і управління екологічної безпеки;
- контроль якості питної води згідно до вимог ДержСанПІН 2.2.4-171-10 у незалежній лабораторії;

Компенсаційні заходи:

Відповідно до вимог Податкового кодексу України підприємство має податкові зобов'язання зі сплати рентної плати за спеціальне використання води.

Відповідно до проведеної оцінки значного негативного впливу на довкілля при виконанні підготовчих і будівельних робіт та провадження планованої діяльності не передбачається.

При дотриманні технологічного регламенту видобування

питних підземних вод негативного впливу на довкілля не очікується.

18) Опис очікуваного негативного впливу діяльності на довкілля (при спорудженні свердловин, при експлуатації свердловин).

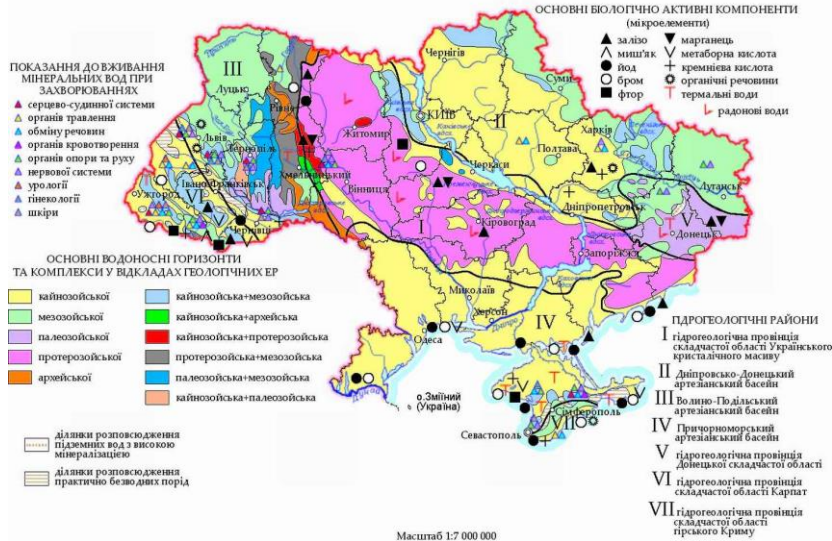
19) Додатки до звіту.

ДОДАТКИ

Додаток А

Гідрогеологічна (підземні води) карта України

ПІДЗЕМНІ ВОДИ



Статистично оцінені середні складові хімічних компонентів в підземних водах четвертинних відкладеннях рівнинної частини Української ССР (без Криму)

Номера Гідрохіміч- них полів на карті	Гідрохімічні поля	Водоносні горизонти	Хімічні компоненти					
			НСО ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
Зона змішаних лісів								
1	<u>Верхньоприп'ятська</u> терасова заболочена <u>підобласть</u> Волинського Полісся (долини <u>Зах. Бугу, Прип'яті та її правих притоків: Вижевки, Тур'ї, Стоходи, Стирі, Горині, Случі</u>)	Води в алювіальних <u>відкладеннях</u>	100	36	32	70	10	56
2	Волинська морено-горбиста під область (міжріччя середньої течії <u>Тур'ї, Стоходи, Стирі, Случі, Горині</u>)	Води у <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	120	35	35	101	13	40
3	<u>Турійсько-Костопольська</u> денудаційна рівнина на крейдовій основі	Теж	400	45	80	130	18	50
4	Північні частини Житомирського та Київського Полісся	Теж	80	35	20	28	6	20
5	Центральна та південна частини Житомирського та Київського Полісся	Теж	170	40	30	50	12	30
6	Чернігівське Полісся	Теж	250	25	30	70	20	25
7	Чернігівське Полісся (долини Дніпра, Десни, <u>Снову, Сейму</u>)	Води в алювіальних <u>відкладеннях</u>	290	50	44	70	23	30
8	Новгород-Сіверське Полісся (долина р. Дністер)	Теж	280	40	50	70	30	15

9	Новгород-Сіверське Полісся	Води у <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	290	30	28	80	24	11
Лісостепова зона								
10	Область Волинської височини	Води в <u>еолово-делювіальних відкладеннях</u>	380	50	40	125	14	32
11	Мале Полісся	Води у <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	400	40	70	130	13	50
12	<u>Росточя</u> та <u>Опілля</u> , <u>Західно-Подільська</u> та <u>Північно-Подільська</u> області	Води в <u>еолово-делювіальних відкладеннях</u>	390	45	35	120	14	30
13	Північна лісостепова область Придніпровської височини та лісостепова область Київського плато	Води у <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	310	42	35	85	25	32
14	Вінницька лісостепова область, Подільське Побужжя, Центральна та Південна лісостепова області Придніпровської височини	Води в <u>еолово-делювіальних відкладеннях</u>	430	40,7	28,5	100	29	30
15	Південна лісостепова область Подільської височини	Теж	600	140	95	110	15,9	240
16	Південно-Західна частина Північної лісостепоної області Дніпровської терасової рівнини (долина річки Дніпра)	Води в <u>алювіальних відкладеннях</u>	415	23	15	80	30	30

17	Північно-східна частина Північної лісостепової області Дніпровської терасової рівнини	Води у <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	405	45	40	100	30	40
18	Північна частина північної лісостепової області Придніпровської рівнини	Води у <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	440	25	16	100	36	25,8
19	Південна лісостепова область Дніпровської терасової рівнини	Води в алювіально- <u>флювіогляційних відкладеннях</u>	470	85	40	80	28	98
20	Південна частина північної лісостепової області Придніпровської рівнини та Південна лісостепова область Придніпровської рівнини	Води в еодово- <u>делювіальних відкладеннях</u>	470	70	30	110	30	80
21	<u>Середньоруська лісостепова провінція</u>	Теж	390	75	40	120	22	30
Степова зона								
22	Область південних острогів Подільської височини	Води в еодово- <u>делювіальних відкладеннях</u>	510	360	205	240,5	48,6	120
23	Область південних острогів Придніпровської височини	Теж	440	400	132	187	57	158
24	Західна частина <u>Орельсько-Самарської області</u>	Води в алювіальних <u>відкладеннях</u>	510	300	90	100	48	220
25	<u>Орельсько-Самарської область</u>	Води в еодово- <u>делювіальних відкладеннях</u>	430	385	110	200	62	125

26	<u>Донецько-Оскільська</u> область	Води в алювіальних <u>відкладеннях</u>	390	200	50	140	36	60
27	<u>Донецько-Оскільська</u> та Старобільська області	Води в еолово- делювіальних <u>відкладеннях</u>	470	400	65	180	36	140
28	Старобільська область	Води в алювіальних <u>відкладеннях</u>	400	350	140	175	39	130
29	<u>Запорізько-Гуляйпільська</u> область	Води в еолово- делювіальних <u>відкладеннях</u>	430	1600	280	397	100	510
30	<u>Донецька північностепова</u> провінція	Теж	460	1200	80	280	84	340
31	Західна частина Приазовської <u>північностепоної</u> провінції	Теж	380	1400	400	416	112	420
32	Східна частина Приазовської <u>північностепоної</u> провінції	Теж	410	1110	290	293	92	380
33	Область За дністровського Причорномор'я	Теж	410	370	280	297	39	120
34	<u>Дністровсько-Бутська</u> та <u>Будсько-Дніпровська</u> області	Теж	430	860	210	303	85	180
35	<u>Дніпровсько-Молочанська</u> область та північна частина <u>Лівобережно-Молочанської</u> області	Теж	400	420	250	162	79	212
36	Нижньодніпровська область	Води в алювіальних <u>відкладеннях</u>	Відомості відсутні					
37	<u>Присивашсько-Приазовська</u> область та нижня частина <u>Лівобережно-Молочанської</u> області	Води в еолово- делювіальних <u>відкладеннях</u>	340	750	600	330	114	300

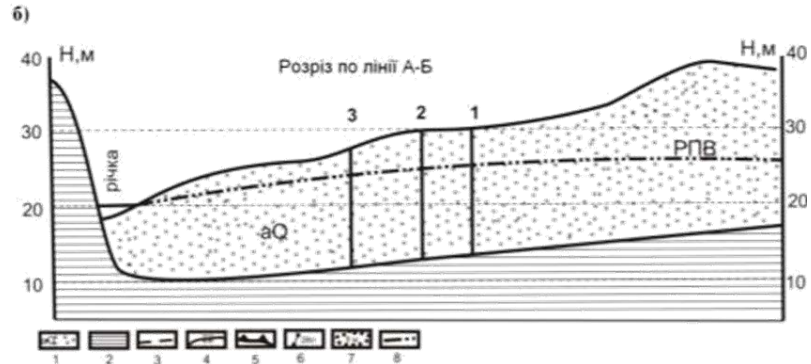
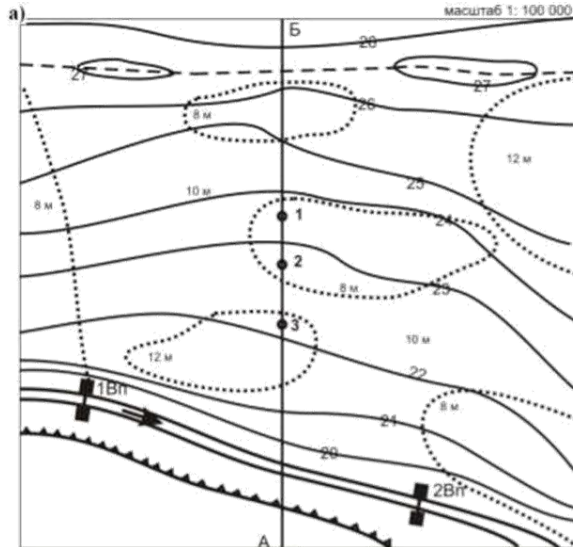
Середньорічний багаторічний хімічний склад підземних вод, що формують річний стік
на території України

Фізико-географічні зони	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σi	Формула Курлова
Полісся	61	12	15	250	11	8	357	$HCO_3 92SO_4 4CL4$
	21	29	31	29	10	16	26	$Ca66Mg22(Na + K)12$
Лісостеп	96	20	34	379	45	19	593	$HCO_3 82CL10SO_4 8$
	39	35	27	44	22	15	37	$Ca64Mg22(Na + K)14$
Степ	136	52	264	319	299	206	1400	$HCO_3 36CL34SO_4 30$
	14	15	20	17	11	13	16	$Ca40(Na + K)36Mg24$
Передкарпаття	64	11	35	183	62	50	405	$HCO_3 52CL26SO_4 22$
	56	64	68	53	65	67	58	$Ca56(Na + K)26Mg18$
Гірські та вулканічні Карпати	39	9	19	174	17	12	270	$HCO_3 80SO_4 12CL8$
	52	74	87	69	39	66	63	$Ca56Mg28(Na + K)16$
Закарпатська рівнина	85	14	32	281	30	33	475	$HCO_3 74CL14SO_4 12$
	88	90	94	67	57	93	74	$Ca68Mg16(Na + K)16$
Кримська гірська країна	78	12	17	237	26	17	387	$HCO_3 76SO_4 12CL12$
	44	43	29	43	21	27	38	$Ca78Mg12(Na + K)10$
Україна в цілому	72	17	43	268	51	32	492	$HCO_3 68SO_4 18CL14$
	31	29	27	40	16	18	31	$Ca56Mg22(Na + K)22$

Середньорічний багаторічний хімічний склад вод місцевого стоку території України

Фізико-географічні зони	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σi	Формула Курлова
								HCO ₃ 76SO ₄ 16CL8
Полісся	54	7	8	144	24	10	247	Ca80Mg16(Na + K)4
	79	71	69	71	90	84	74	
Лісостеп	75	19	45	240	83	53	515	HCO 54SO 24CL22
	61	65	73	56	78	85	63	Ca52(Na + K)26Mg22
Степ	206	73	261	378	598	347	1833	SO ₄ 44CL34HCO ₃ 22
	86	85	80	83	89	87	84	
Передкарпаття	40	5	13	129	26	19	232	HCO ₃ 68SO ₄ 16CL16
	44	36	32	47	35	33	42	Ca64(Na + K)24Mg12
Гірські та вулканічні Карпати	26	2	2	57	19	4	110	HCO ₃ 64SO ₄ 28CL8
	48	26	13	31	61	34	37	Ca80Mg12(Na + K)8
Закарпатська рівнина	5	1	1	56	11	1	75	HCO ₃ 70SO ₄ 22CL8
	12	10	6	32	43	7	26	Ca60Mg20(Na + K)20
Кримська гірська країна	13	2	5	4113		6	80	HCO ₃ 54SO ₄ 28CL18
	5657		71	57	79	73	62	Ca54(Na + K)28Mg18
Україна в цілому	70	18	52	176	117	67	500	HCO 40SO 34CL26
	69	71	73	6084		82	69	Ca48(Na + K)32Mg20

а) Карта гідроізогіпс і потужності водоносного горизонту на ділянці розвідки; б) Гідрогеологічний розріз



- 1-піски; 2-глини; 3 - лінія підземного водорозділу;
- 4-гідроізогіпса та її відмітка, м; 5- берег річки;
- 6 - водомірний пост; 7 - ділянки с різною потужністю водоносного горизонту; 8 - рівень підземних вод (РПВ)

Питання гарантованого рівня знань

1. Зміст, об'єкт, предмет, мета і головні завдання навчальної дисципліни «Охорона підземних вод».
2. Фізичні властивості підземних вод.
3. Хімічні властивості підземних вод.
4. Окремі компоненти підземних вод (гази, мікрофлора, мікро- і макрокомпоненти тощо).
5. Класифікації підземних вод.
6. Захищені та недостатньо захищені підземні водоносні горизонти.
7. Теорії походження підземних вод.
8. Роль підземних вод у формуванні земної кори. Підземні води як корисні копалини.
9. Гідрогеологічне районування України.
10. Ресурси (природні, прогнозні) і запаси (природні, розвідані, експлуатаційні) підземних вод.
11. Питні й технічні підземні води.
12. Родовища питних і технічних підземних вод, згідно з Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр.
13. Мінеральні підземні води. Родовища мінеральних вод України.
14. Теплоенергетичні та промислові підземні води.
15. Водний кодекс України (1995).
16. Інструкція із застосування “Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр” до родовищ питних і технічних підземних вод (2000).
17. “Правила охорони підземних вод від забруднення та виснаження” (Державна служба геології та надр України, 2015).
18. Закон України “Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення” (2002).
19. Загальнодержавна цільова програма “Питна вода України” на 2011–2020 рр.
20. ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (2010).

21. Іноземний досвід правового регулювання використання й видобування підземних вод.
22. Директива № 80/68/ЄЕС Ради Європейських Співтовариств “Щодо захисту підземних вод від забруднення деякими небезпечними речовинами”.
23. Керівництво про оцінку стану підземних вод та оцінку трендів (2000/60/ЄС).
24. Проєкт EU-WATERRES “ЄС – інтегрована система управління ресурсами транскордонних підземних вод та антропогенної безпеки”.
25. Екологічний підхід до використання підземних водних ресурсів.
26. Техногенні впливи на підземну гідросферу.
27. Джерела забруднення підземних вод.
28. Локальне та регіональне забруднення.
29. Види і стадії забруднення підземних вод.
30. Виснаження підземних вод та вичерпання їхніх запасів.
31. Процеси міграції забруднень (нафтопродуктів, пестицидів та ін.) у водоносні горизонти.
32. Радіоактивне забруднення підземних вод.
33. Негативна дія підземних вод на метал і бетон.
34. Принципи раціонального використання підземних водних ресурсів.
35. Проблема комплексного використання підземних водних ресурсів.
36. Удосконалення системи централізованого водопостачання.
37. Запровадження й розширення мережі локального водопостачання.
38. Економічне регулювання раціонального використання та охорони вод.
39. Профілактичні заходи, спрямовані на збереження природної якості підземних вод.

40. Локалізаційні заходи, або заходи, що перешкоджають збільшенню та просуванню сформованого у водоносному горизонті вогнища забруднення.
41. Відновлювальні заходи (для видалення забруднень з водоносного горизонту і відновлення природної якості підземних вод).
42. Спеціальні профілактичні заходи технічного характеру.
43. Проблема підземного захоронення стоків.
44. Державний нагляд за охороною надр під час розробки родовищ прісних та мінеральних підземних вод.
45. Особливості захисту підземних вод від нафтопродуктового забруднення та забруднення радіонуклідами.
46. Об'єкти санітарної охорони.
47. Види водозаборів підземних вод.
48. Постанова КабМіну України від 18.12.1998 р. "Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів".
49. Зони санітарної охорони водозаборів підземних вод.
50. Пояси особливого режиму ЗСО.
51. Забезпечення санітарної охорони у сфері питної води та питного водопостачання.
52. Вимоги до вибору підземних джерел водопостачання і умов (режиму) експлуатації підземних вод.
53. Геолого-економічна оцінка родовищ питних і технічних підземних вод.
54. Вимоги до вивченості родовищ питних і технічних вод.
55. Підготовленість родовищ питних і технічних підземних вод до промислового освоєння.
56. Умови використання експлуатаційних запасів підземних вод.
57. Ліквідація покинутих (занедбаних) свердловин.
58. Державний водний кадастр.
59. Розділ АІС ДВК "Підземні води".
60. Форма 7-ГР "Підземні води".
61. Форма 2-ТП "Водгосп".

62. Моніторинг підземних вод в Україні, його основні задачі і наслідки.
63. “Методичні рекомендації щодо ведення моніторингу рівнів підземних вод на територіях міст та селищ” (Наказ Мінкомунгоспу України від 15.09.2010 № 334).
64. Проектування й облаштування спостережної мережі.
65. Спостережні пункти державного рівня.

Рекомендована та базова література

1. Охрана подземных вод в условиях техногенеза / Н. С. Огняник, В. К. Рудаков, А. Б. Ситников, В. Ф. Рыбин. Киев : Вища школа, 1985. 221 с.
2. Спільна стратегія впровадження Водної Рамкової Директиви (2000/60/ЄС). Керівництво № 18. Керівництво про оцінку стану підземних вод та оцінку трендів : Технічний звіт 2009 – 026. URL: [https://menr.gov.ua > files > docs](https://menr.gov.ua/files/docs)
3. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання: у 2 т. / за ред. Е. А. Ставицького, Г. І. Рудька, Є.О. Яковлева. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 1. 343 с.; Т. 2. 496 с.
4. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4 т., 7 кн. К. : Генеза, 2004. Т. 4, кн. 6–7. 680 с. Книга шоста. Закони України про воду. Книга сьома. Нормативно-методичні документи про воду.
5. Лобода Н. Д. Отченаш. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище : навчальний посібник. ОДЕУ, 2017. 199 с.
6. Лобода Н. С. Гідроекологія підземних вод : конспект лекцій. ОДЕУ, 2012. 169 с.
7. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с. (Бібліотека екологічних знань).

8. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод (2000 р.).

9. Колодій В. В. Гідрогеологія : підручник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 368 с.

10. Кодекс України про надра (1994, редакція від 26.08.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр#Text127>

11. Кукурудза С. І., Перхач О. Р. Використання та охорона водних ресурсів : навч. посібник для вищих навчальних закладів. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 304 с.

12. Левківський С. С., Падун М. М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів. К. : Либідь, 2006. 280 с.

13. “Методичні рекомендації щодо ведення моніторингу рівнів підземних вод на територіях міст та селищ” (Наказ Мінкомунгоспу України від 15.09.2010 № 334). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0334662-10/conv#Text>

Допоміжна література

1. Атлас. Геологія і корисні копалини України / гол. ред. Л. С. Галецький. К., 2001. 168 с.

2. Атлас України (комплексний). К., 2005. 96 с.

3. Барановський В. А. Екологічний атлас України. К., 2000. 42 с.

4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (наказ Міністерства охорони здоров’я України від 12.05.2010 р. № 40).

5. Дубей Н. В. Гідрогеологія та інженерна геологія : навч. посібник. Івано-Франківськ, 2010. 262 с.

6. Ладиченко В. В., Головка Л. О. Законодавче забезпечення питного водопостачання в Сполучених Штатах Америки. *Наук. записки Ін-ту законодавства Верховної Ради України*. 2015. № 5. С. 39–42.

7. Малахов І. М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг, 2003. 252 с.
8. Методи геоекологічних досліджень : навч. посібник / за ред. М. Д. Гродзинського, П. Г. Щищенка. К., 1999. 243 с.
9. Методы изучения водообмена / отв. ред. В. М. Шестопапов. Киев : Наук. думка, 1988. 272 с.
10. Основи екології: навколишнє середовище і техногенний вплив / Я. П. Скоробогатий, В. В. Ощиповський, В. О. Василечко, С. Л. Кусковець. Львів : Новий Світ-2000, 2008. 222 с.
11. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / за ред. В. К. Хільчевського. К. : ВПЦ “Київський університет”, 2015. 154 с. URL: https://geo.knu.ua/images/doc_file/navch_lit/kafedra_gidrol_lit/5_n_lit_gidrol.pdf.pdf
12. Підземні води як стратегічний ресурс / В. Шестопапов, В. Лялько, В. Гудзенко та ін. *Вісник НАН України*. 2005. № 5. С. 32–39.
13. Рудаков Д. В. Математичні методи в охороні підземних вод : навч. посібник. Дніпропетровськ : НГУ, 2012. 158 с.
14. Суярко В. Г., Безрук К. О. Гідрогеохімія (геохімія підземних вод) : навч. посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. 112 с.
15. Фоменко Н. В. Рекреаційні ресурси та курортологія. К. : Центр навчальної літератури, 2007. 312 с.
16. Экологическая геология Украины : справ. пособие / Е. Ф. Шнюков, В. М. Шестопапов, Е. А. Яковлев и др. Киев, 1993. 407 с.
17. Яковлев Є. О. Нові питання регіональної переоцінки та охорони прісних підземних вод України як чинника стратегічної безпеки питного водопостачання. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2009. № 3. С. 30–36.

Інформаційні ресурси

1. URL:

<http://minerals-ua.info/mapviewer/voda.php> (карта підземних вод України)

2. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text> (Водний кодекс України (1995, редакція від 24.07.2021)).

3. URL:

<https://menr.gov.ua/> (офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України)

4. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text> (Закон України “Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення” (2002), редакція від 16.10.2020).

5. URL: <http://igim.org.ua> (сайт Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України)

6. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=03EN7659C0> (Методичні рекомендації зі здійснення державного нагляду за охороною надр при розробці родовищ мінеральних підземних вод)

7. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/> (ДСанПіІН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”)

8. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48006 (Методичні рекомендації зі здійснення державного нагляду за охороною надр при розробці родовищ прісних підземних вод)

9. URL: <https://www.davr.gov.ua/> (офіційний сайт Державного агентства водних ресурсів України)

10. URL:

https://ips.ligazakon.net/document/kp960413?an=2&ed=1999_09_24 (Постанова Кабміну України від 08.04.1996 р. “Про затвердження Порядку ведення державного водного кадастру”)

11. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2455-15#Text> (Закон України “Про Загальнодержавну цільову програму “Питна вода України” на 2011–2020 роки” (2005), у редакції від 20.10.2011)
12. URL: http://geoinf.kiev.ua/wp/wp-content/uploads/2018/07/2017_sajt.pdf (Стан підземних вод України : щорічник. – К., 2018)
13. URL: <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science> (USGS Office of Groundwater)
14. URL: <http://www.groundwateruk.org/> (UK Groundwater Forum)
15. URL: <https://igrac.net/> (International Groundwater Resources Assessment Centre)
16. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_904#Text (Директива № 80/68/ЄЕС Ради Європейських Співтовариств “Щодо захисту підземних вод від забруднення деякими небезпечними речовинами”, редакція від 23.10.2000).