

**Міністерство науки і освіти України  
Дніпропетровський національний університет  
ім. Олеся Гончара**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ІЗ КУРСУ  
«ТЕХНОГЕННА ГІДРОГЕОЛОГІЯ»**

**2016**

**Міністерство науки і освіти України  
Дніпропетровський національний університет  
ім. Олеся Гончара**

---

**Кафедра геології та гідрогеології**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ІЗ КУРСУ  
«ТЕХНОГЕННА ГІДРОГЕОЛОГІЯ»**

**Дніпропетровськ  
РВВ ДНУ  
2016**

Викладено методи розв'язання найбільш актуальних для гірничовидобувних регіонів гідрогеологічних задач із теоретичним обґрунтуванням і практичними прикладами.

Для студентів 5-го курсу геолого-географічного факультету ДНУ спеціальності «Гідрогеологія».

## Вступ

Техногенна гідрогеологія – це наука про закономірності зміни гідрогеологічних умов під впливом комплексу антропогенних факторів, якими є усі види діяльності людини, пов'язані із підземними водами. На підземні води максимально впливають водні меліорації і гірничовидобувна промисловість. Водні меліорації вивчає наука «Меліоративна гідрогеологія». Техногенна гідрогеологія розглядає і вирішує задачі еколого-гідрогеологічного напрямку, актуальні для гірничовидобувних регіонів. Негативний вплив на підземні води створюють наступні фактори:

1. Шахтний водовідлив.
2. Ставки-накопичувачі скидних шахтних вод і хвостосховища.
3. Шахтні відвали, відсипані на поверхні землі у природних та техногенних зниженнях рельєфу. Вони сприяють підтопленню забудованих територій і сільськогосподарських угідь.

У такій послідовності розглянуті проблемні питання у тексті методичних рекомендацій за відповідними розділами. Комплекс прогнозних задач розв'язується для наукового обґрунтування заходів по раціональному використанню і охороні підземних вод і земельних ресурсів. Для їх розв'язання побудовані математичні моделі зміни гідрогеологічних умов територій, які розташовані у зоні впливу режимопорушуючих техногенних об'єктів.

Усі розглянуті задачі актуальні за постановкою проблеми і класичні за розв'язанням. Кожній проблемі присвячений окремий розділ, який закінчується контрольними питаннями і завданнями, що дозволяє студенту самостійно провести перевірку засвоєних знань.

### **Практична робота 1. Шахтний водовідлив**

Усі родовища корисних копалин в Україні у різному ступені обводненні. У процесі експлуатації шахт, які видобувають вугілля, або руду гірничі виробки осушують. На прилеглих територіях утворюється депресійна воронка. Для умов експлуатації вугільних шахт Західного Донбасу побудовані математичні моделі зміни гідрогеологічних умов прилеглих територій. В основу їх математичного обґрунтування покладена класична теорія одиночних і взаємодіючих свердловин в усталеному і неусталеному режимах руху підземних вод. Основний принцип побудови моделей – кожна шахта розглядається як свердловина з великим діаметром.

Задачі за тематикою шахтного водовідливу розв'язуються для гідрогеологічного обґрунтування оптимальних умов експлуатації, інвестиційної привабливості діючих шахт, закриття нерентабельних і по закінченню строку їх експлуатації.

### **Постановка проблеми**

- Розв'язати пряму задачу в усталеному і неусталеному режимах фільтрації для визначення зміни гідрогеологічних умов у зоні впливу діючих шахт.

- Розрахувати показники депресійної воронки – радіус впливу водовідливу і зміни глибин залягання рівня підземних вод у просторі і часі.

3

- Побудувати гідродинамічну сітку для характеристики структури фільтраційного потоку у техногенно-порушених умовах.

### Теоретичні відомості

Процес руху підземних вод до свердловини у радіальній системі координат описується наступними рівняннями.

В усталеному режимі

$$\frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial H}{\partial r} = 0. \quad (1.1)$$

В неусталеному режимі

$$\frac{a^*}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial H}{\partial r} = \frac{\partial H}{\partial t}. \quad (1.2)$$

Рівняння (1.1) має аналітичне розв'язання для задачі з граничними умовами  $Q = \text{const}$ ,  $H_R = H_0$ , яке має такий вигляд

$$S = \frac{Q}{2\pi K m} \ln \frac{R}{r}, \quad R = 1,5\sqrt{at}. \quad (1.3)$$

Для рівняння (1.2) з аналогічними умовами запропоновано рішення [1]

$$S = \frac{Q}{2\pi K m} \ln \frac{2,25a^* t}{r^2}. \quad (1.4)$$

У математичних виразах (1.1 – 1.4) прийняті такі позначення:

$H$  – гідродинамічний напір, м;

$r$  – радіальна просторова координата;

$a^*$  – коефіцієнт п'єзопровідності, м<sup>2</sup>/добу;

$Q$  – величина водовідливу, м<sup>3</sup>/добу;

$H_0$  – непорушений гідродинамічний напір, м;

$S$  – зниження підземних вод під впливом водовідливу, м;

$R$  – радіус впливу, м;

$m$  – потужність водоносного горизонту, м;

$K$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу.

Для довільного розташування системи взаємодіючих свердловин розраховують сумарний вплив за формулами, які виводять для кожної конкретної задачі.

### Приклад розв'язання прямої задачі

*Формулювання задачі.* Для території у зоні впливу східної групи шахт у Західному Донбасі охарактеризувати зміну гідрогеологічних умов і побудувати депресійну воронку.

До східної групи шахт належать: Ювілейна, Степова, Першотравнева (рис. 1).

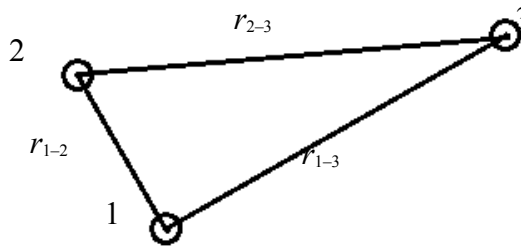


Рис. 1. Схема розташування східної групи шахт

Початкові дані наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Гідрогеологічна характеристика східної групи шахт

Розрахунковий номер шахти	Назва шахти	Рік введення в експлуатацію	Глибина гірничих виробок, м	Величина шахтного водовідливу, тис. м <sup>3</sup> /добу	Водопронісність шару, який осушується $T$ , м <sup>2</sup> /добу	Мінералізація загальношахтних вод, г/дм <sup>3</sup>	Радіус шахт, м	Середня водовіддача, μ долі одиниці	Рівнепровідність, $a$ , м <sup>2</sup> /добу
1	Першотравнева	1963	180-200	12,33	132	2,9	3,0	0,1	1320,0
2	Степова	1965	145-250	21,0	140	3,5	3,0	0,11	1272,7
3	Ювілейна	1970	180-230	24,39	173	2,2	3,0	0,13	1330,8

Послідовність розв'язання задачі:

1. За гідрогеологічною картою визначаємо відстані між шахтами

$$r_{1-2} = 2200 \text{ м}, r_{1-3} = 4300 \text{ м}, r_{2-3} = 4200 \text{ м}.$$

2. Розраховуємо радіус впливу кожної шахти на кінець 2014 року, що становить 44 – 51 рік експлуатації

$$R_1 = 1,5\sqrt{at} = 1,5\sqrt{1320 \cdot 51 \cdot 365} = 7435 \text{ м},$$

$$R_2 = 1,5\sqrt{at} = 1,5\sqrt{1272,7 \cdot 49 \cdot 365} = 7156 \text{ м},$$

$$R_3 = 1,5\sqrt{at} = 1,5\sqrt{1330,8 \cdot 44 \cdot 365} = 6913,4 \text{ м}.$$

3. Розраховуємо і будуємо зовнішній контур депресійної воронки,  $S = 0$ .

Центром депресійної воронки вибрана розрахункова точка 4. Вона знаходиться на перетині медіан трикутника, сторони якого є відстані між шахтами. Відстані між центром воронки до шахт дорівнюють:  $r_{4-1} = 1900$  м,  $r_{4-2} = 1700$  м,  $r_{4-3} = 2800$  м. Зниження рівня підземних вод у центрі воронки в усталеному режимі фільтрації розраховуємо за формулою (1.3) модифікованою для трьох взаємодіючих свердловин.

$$S_4 = \frac{Q_1}{2\pi T_1} \ln \frac{R_1}{r_{1-4}} + \frac{Q_2}{2\pi T_2} \ln \frac{R_2}{r_{2-4}} + \frac{Q_3}{2\pi T_3} \ln \frac{R_3}{r_{3-4}}. \quad (1.5)$$

$$S_4 = \frac{12330}{2 \cdot 3,14 \cdot 132} \ln \frac{7455}{1900} + \frac{21000}{2 \cdot 3,14 \cdot 140} \ln \frac{7156}{1700} + \frac{24390}{2 \cdot 3,14 \cdot 173} \ln \frac{6913}{2800} = 74,92 \text{ м}.$$

У неусталеному режимі фільтрації для визначення зниження рівня підземних вод на кінець 2014 року застосовуємо наступну формулу, виведену аналогічно (1.5).

$$S_4 = \frac{Q_1}{4\pi T_1} \ln \frac{2,25a_1 t}{r_{1-4}^2} + \frac{Q_2}{4\pi T_2} \ln \frac{2,25a_2 t}{r_{2-4}^2} + \frac{Q_3}{4\pi T_3} \ln \frac{2,25a_3 t}{r_{3-4}^2} \quad (1.6)$$

$$S_4 = \frac{12330}{4 \cdot 3,14 \cdot 132} \ln \frac{2,25 \cdot 1320 \cdot 51 \cdot 365}{1900^2} + \frac{21000}{4 \cdot 3,14 \cdot 140} \ln \frac{2,25 \cdot 1272,7 \cdot 49 \cdot 365}{1700^2} +$$

$$+ \frac{24390}{4 \cdot 3,14 \cdot 173} \ln \frac{2,25 \cdot 1330,8 \cdot 44 \cdot 365}{2800^2} = 74,93 \text{ м.}$$

Співставлення результатів розрахунків за формулами (1.5) і (1.6) свідчить про їх ідентичність і стабілізацію фільтраційного процесу у 2014 році.

#### Контрольні завдання і запитання

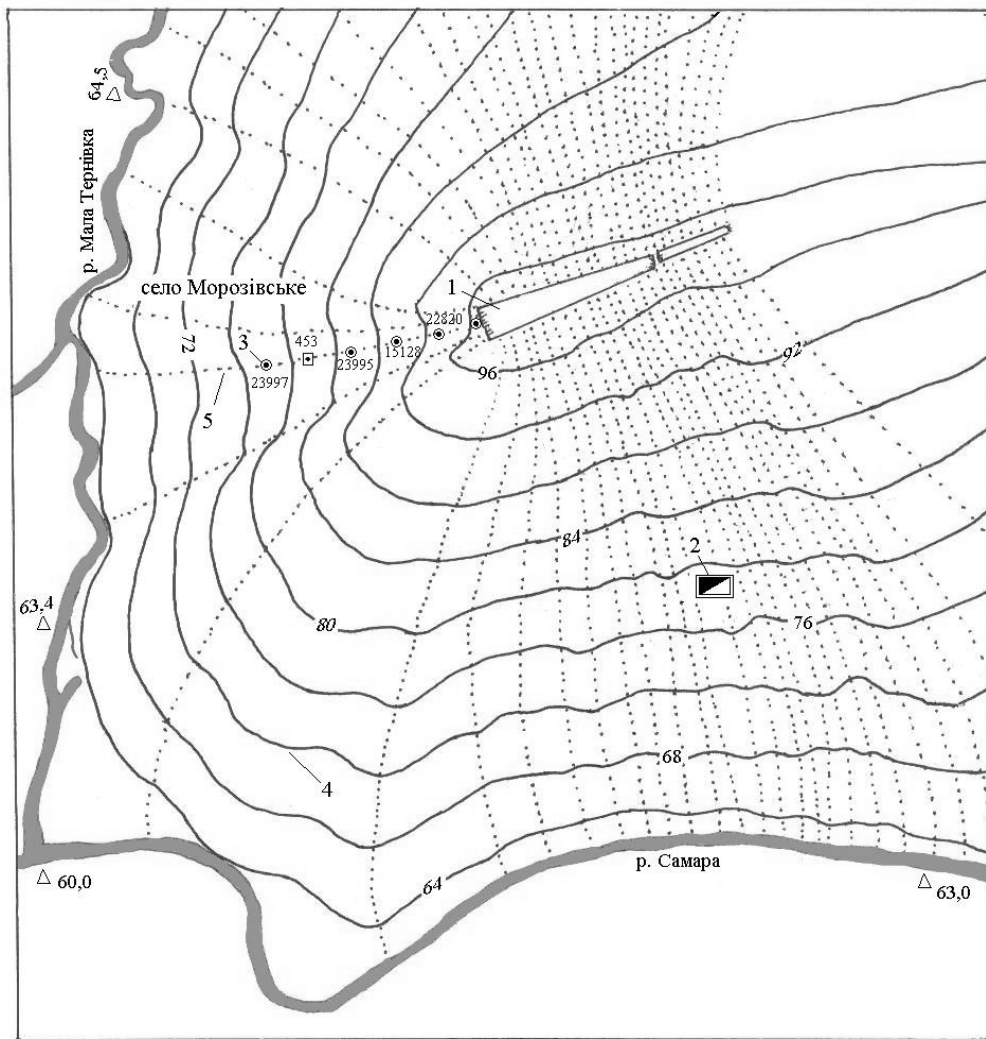
1. Розрахувати і побудувати депресійні воронки на 1965, 1970 і 1986 роки.
2. Чому у теорії свердловин перевага надається радіальній системі координат?
3. Як визначити рік стабілізації процесу?
4. У яких випадках розраховується наведений радіус впливу?
5. Чим відрізняється радіус впливу від радіусу живлення?
6. Який вигляд має формула зниження під впливом водовідбору із застосуванням функції  $-E_i$  ( $-U$ )?
7. Для яких гідрогеологічних і експлуатаційних умов характерна логарифмічна залежність між зниженням і витратою?

## Практична робота 2. Ставки-накопичувачі скидних шахтних вод і хвостосховища

Ставки-накопичувачі побудовані у балках без екранізації водовміщуючої частини. Вони акумулюють скидні шахтні води підвищеної мінералізації і відходи збагачувальної фабрики, які фільтруються у водоносні горизонти, створюючи підйом рівня підземних вод і їх забруднення. Для кількісної оцінки підйому рівня підземних вод доцільно застосувати метод подвійної суперпозиції [4]. Приклад розглянуто для хвостосховища «Балка Стуканова» (рис. 2.1). Розрахункову формулу застосовують на основі гідродинамічної сітки.

$$\sum \Delta H_x = \Delta H \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{at}} - \Delta H_p \operatorname{erfc} \frac{L-x}{2\sqrt{at}}, \quad (2.1)$$

де  $\sum \Delta H_x$  – сумарний підйом рівня підземних вод у розрахунковій точці з координатою  $x$  під впливом фільтрації із хвостосховища і дренажної дії річки, м;  $\Delta H$  – різниця напорів у хвостосховищі і річці ( $H_x - H_p$ ), м;  $a$  – коефіцієнт рівнепровідності, м<sup>2</sup>/добу;  $t$  – строк прогнозного розрахунку, доб;  $\Delta H_p$  – умовний підйом рівня підземних вод у точці з координатою  $x = L$  за схемою «напівобмежений шар», тобто без урахування дренажної дії річки, м;  $L$  – відстань між хвостосховищем і річкою за токовою лінією.



**Рис. 2.1.** Гідродинамічна сітка на ділянці «Балка Стуканова»: 1 – хвостосховище «Балка Стуканова»; 2 – шахта ім. Героїв Космосу; 3 – лінійний ряд свердловин; 4 – гідрозоїгпса; 5 – лінія току №1

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Вихідні дані для розрахунку**

Абсолютна відмітка рівня води у хвостосховищі $H_x$ , м	Абсолютна відмітка рівня води у річці $H_p$ , м	Коефіцієнт фільтрації водоносного горизонту $K_f$ , м/добу	Потужність водоносного горизонту $m$ , м	Коефіцієнт недостачі водонасичення $\mu$ , долі одиниці	Строк прогнозного розрахунку $t$ , років
98,0	64,7	4,0	16	0,175	15

**Послідовність розрахунку**

1. Розраховуємо величину рівнепровідності  $a$

$$a = \frac{Km}{\mu} = \frac{4,0 \cdot 16}{0,175} = 365,71 \text{ м}^2/\text{добу}. \quad (2.2)$$



2. Знаходимо величину  $\Delta H^\circ$

$$\Delta H^\circ = H_x - H_p = 98,0 - 64,7 = 33,3 \text{ м.} \quad (2.3)$$

3. Вимірюємо довжину кожної струмової лінії  $L$  і вибираємо крок за просторовою координатою  $\Delta x = 100$  м. Початок координат  $x = 0$  вибираємо по урізу води у хвостосховищі.

4. Для лінії струму №1, довжиною 4750 м, знаходимо  $\Delta H_p$  – умовний підйом рівня підземних вод у точці з координатою  $x = L$  за схемою «напівобмежений шар», тобто без урахування дренажної дії річки.

$$\Delta H_p = \Delta H^\circ \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{at}} = 33,3 \operatorname{erfc} \frac{4750}{2\sqrt{365,71 \cdot 5475}} = 0,587 \text{ м.} \quad (2.4)$$

5. За формулою (2.1) знаходимо  $\sum \Delta H_x$  у розрахункових точках з координатами 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 4700 м.

6. Будуємо графіки залежності  $\sum \Delta H_x = f(x)$ .

7. Аналогічні розрахунки виконуємо для інших струмових ліній.

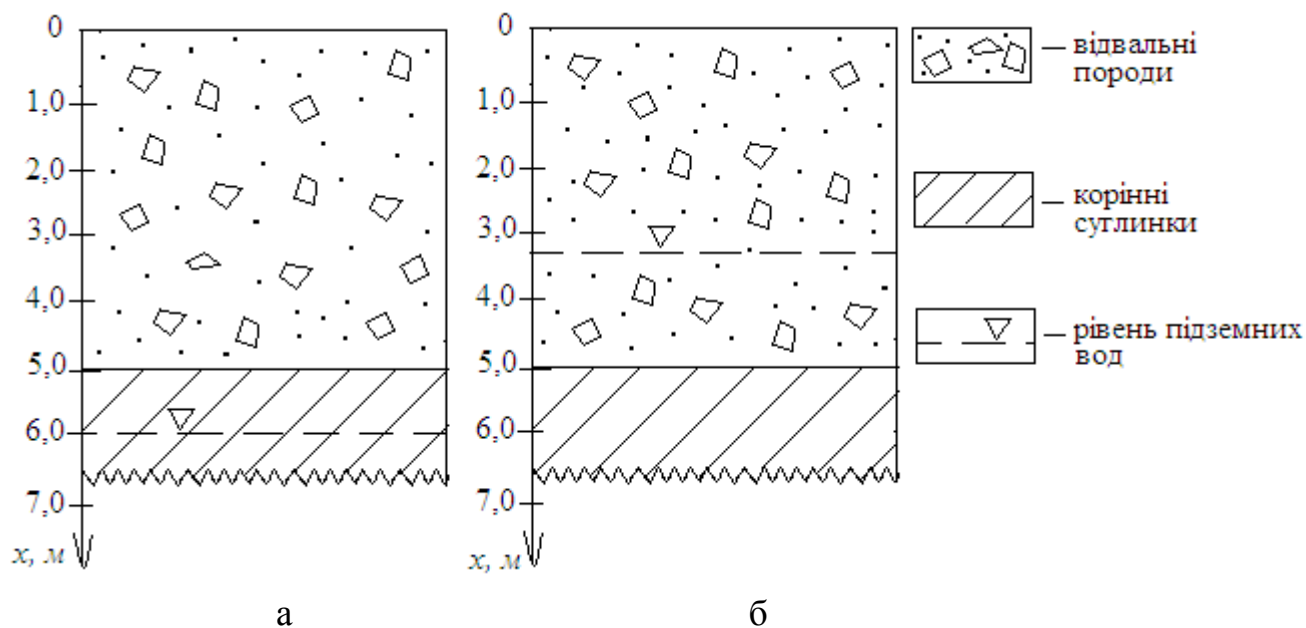
#### Контрольні запитання

1. Як впливає річка на рівень підземних вод?
2. Яку назву має розрахункова схема відповідна формулі (2.1)?
3. Чи впливає на рівень підземних вод довжина струмової лінії?
4. Як визначити швидкість фільтрації за схемами «шар-смуга» і «напівобмежений шар»?
5. Як знизити фільтраційні втрати із хвостосховища?

### Практична робота 3. Вплив шахтних відвалів на гідрогеологічні умови прилеглих територій

#### Теоретичні відомості

Видобуток корисних копалин в Україні виконують без забутовки. Породи із гірничих виробок відсипають на поверхні землі, заповнюючи ними природні і техногенні зниження рельєфу. Шахтні відвали повсюдно в різному ступені засолені. Тип засолення – сульфатний. Для вирощування сільськогосподарських культур вони непридатні без рекультивації. Відвали поділяються на такі види: відсипані без рекультивації, рекультивовані в умовах богарного землеробства і рекультивовані із систематичним зрошенням. Кожен з цих видів також поділяється на обводнений і необводнений (рис. 3.1) [2].



**Рис. 3.1. Нерекультивовані шахтні відвали:**  
**а – необводнені; б - обводнені**

Ґрунтові води, які розташовані нижче основи шахтного відвалу (рис. 3.1а) збагачуються солями у результаті руху вологи і солей із необводненої частини відвалу. Цей процес описують залежністю [2]

$$C = C_n - (C_n - C_{п}) \operatorname{erfc} \frac{x_1}{2\sqrt{D_m t}}, \quad (3.1)$$

де  $C$  – прогнозна мінералізація ґрунтових вод, г/дм<sup>3</sup>;  $C_{п}$  – мінералізація порових розчинів у шарі відвалів, розташованих безпосередньо над ґрунтовими водами, г/дм<sup>3</sup>;  $x_1$  – глибина залягання підосви відвалу від поверхні землі, м;  $x$  – відстань від поверхні землі до точки, в якій визначають мінералізацію підземних вод, м;  $C_n$  – початкова мінералізація ґрунтових вод, г/дм<sup>3</sup>;  $D_m$  – коефіцієнт молекулярної дифузії, м<sup>2</sup>/добу;  $t$  – строк прогнозу, доб.

### Приклад розрахунку

*Задача №1.* Шахтні відвали із засоленістю 0,8% розташовані на відстані 0,5 м від поверхні ґрунтових вод. Така засоленість відповідає мінералізації порових розчинів 16,4 г/дм<sup>3</sup> [2]. Початкова мінералізація ґрунтових вод 1 г/дм<sup>3</sup>. Параметр  $D_m$  у таких умовах дорівнює  $(1 \div 9) \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/добу. Розрахувати, як змінюється мінералізація підземних вод у просторі і часі згідно з табл. 3.1.

### Результати розрахунків зміни мінералізації підземних вод під впливом необводненого шахтного відвалу

Відстань розрахункової точки від підшви відвалу $x$ , м	Прогнозна мінералізація $C$ , г/дм <sup>3</sup>				
	Час від початку відсипки $t$ , роки				
	5	10	15	20	25
0	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
0,5	5,87				

У формулу (3.1) підставляємо такі вихідні дані:  $x = 0,5$  м,  $t = 5 \cdot 365$  діб,  $D_m = 9 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/добу,  $C_n = 16,4$  г/дм<sup>3</sup>,  $C_0 = 1,0$  г/дм<sup>3</sup>.

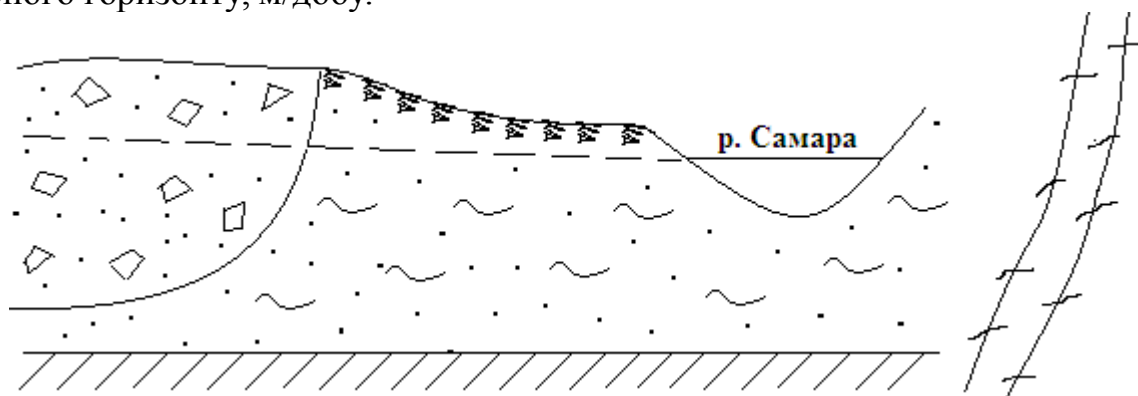
$$C = 1 - (1 - 16,4) \operatorname{erfc} \frac{0,5}{2\sqrt{9 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 365}} = 1 + 15,4 \operatorname{erfc} \frac{0,5}{0,81} = 5,87 \text{ г/дм}^3.$$

Через 5 років після відсипки відвалу мінералізація підземних вод на їх поверхні досягне 5,87 г/дм<sup>3</sup>. Інші графі табл. 3.1 розраховують і заповнюють студенти.

**Задача №2.** Обводнений відвал, розташований на відстані 1500 м від річки Самара (рис. 3.2). Оцінити його забруднюючий ефект на підземні води. Застосовуємо схему «поршневе витіснення», згідно з якою довжину зони забруднення  $L$  розраховують за формулою

$$L = \frac{Vt}{n}, \quad V = \frac{H_r \cdot H_p}{\ell} \cdot K, \quad (3.2)$$

де  $V$  – швидкість фільтрації, м/добу;  $t$  – строк прогнозного розрахунку, доб;  $n$  – активна пористість, долі одиниці;  $H_r$  – абсолютна відмітка рівня підземних вод у відвалі на полі шахти Благодатна, м;  $H_p$  – абсолютна відмітка поверхні води у річці Самарі, м;  $\ell$  – відстань між річкою і відвалом, м;  $K$  – коефіцієнт фільтрації водоносного горизонту, м/добу.



**Рис. 3.2.** Обводнений шахтний відвал

Розрахунок виконано за такими вихідними даними:  $H_r = 70,0$  м;  $H_p = 62,2$  м;  $\ell = 1500$  м;  $K = 4,1$  м/добу;  $n = 0,175$ ;  $t = 5 \cdot 365$  діб.

1. Розраховуємо швидкість фільтрації

$$V = \frac{H_r \cdot H_p}{\ell} \cdot K = \frac{70,0 \cdot 62,2}{1500} \cdot 4,1 = 0,0208 \text{ м/добу.}$$

2. Розраховуємо довжину зони забруднення через 5 років від моменту відсіпки

$$L = \frac{Vt}{n} = \frac{0,0208 \cdot 5 \cdot 365}{0,175} = 216,9 \text{ м.}$$

3. Розраховуємо через який час забруднені підземні води почнуть розвантажуватись у річку Самару і забруднювати її.

$$L = 1500 \text{ м, } t = x \text{ років}$$

$$1500 = \frac{0,0208 \cdot x \cdot 365}{0,175},$$

$$x = \frac{1500 \cdot 0,175}{0,0208 \cdot 365} = 34,5 \text{ років.}$$

Висновок. Води річки Самари почнуть забруднюватись через 34,5 років.

Студенти одержують індивідуальні завдання із початковими даними для відвалів інших шахт.

#### Контрольні завдання і запитання

1. Задачу № 1 розв'язати з мінімальним і середнім значенням параметру  $D_m$ .
2. Побудувати графіки залежності  $C = f(D_m)$ ,  $C = f(x)$ .
3. Яким чином можна знизити забруднюючий вплив необводненого шахтного відвалу на підземні води?
4. Які методи окрім «поршневе витіснення» можна застосувати для розв'язання задані № 2?
5. Назвіть недоліки схеми «поршневе витіснення»?

#### Список використаної літератури

1. Скабалланович И.А. Гидрогеологические расчеты [Текст] / И.А. Скабалланович. – М.: Углетехиздат, 1954. – 388с.
2. Евграшкина Г.П. Влияние горнодобывающей промышленности на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия территорий [Текст] / Г.П. Евграшкина. – Днепропетровск: Монолит, 2003. – 200с.
3. Шестаков В.М. Динамика подземных вод [Текст] / В.М. Шестаков. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 368с.
4. Євграшкіна Г.П. Закономірності зміни гідрогеологічних умов на території, прилеглої до хвостосховища «Балка Стуканова» у Західному Донбасі / Г.П. Євграшкіна, О.Є. Сабадаш. Вісник Дніпропетровського університету. Серія Геологія. Географія. Вип. 14. Видавництво ДНУ. Дніпропетровськ. 2012. – с. 42 – 46.

Вступ.....	3
1. Практична робота №1. Шахтний водовідлив.....	3
2. Практична робота №2. Ставки-накопичувачі скидних шахтних вод і хвостосховища.....	6
3. Практична робота №3. Вплив шахтних відвалів на гідрогеологічні умови прилеглих територій.....	8
Список використаної літератури.....	11