

## Практическая работа №5

### Пример

Определить режим водоснабжения ФДО участка россыпного месторождения, если известно, что дебит источника водоснабжения  $\omega_u = 200$  м<sup>3</sup> / ч, коэффициент фильтрации горных пород  $K_\phi = 3,8$  м / ч, длина участка работ (длина фронта фильтрации)  $l = 100$  м, глубина воды в канавах  $h_e = 0,3$  м, глубина оттайки  $h_{om} = 4,8$  м, глубина питающей и оросительных канав соответственно  $h_{нк} = h_{ок} = 0,5$  м, поперечный уклон россыпи  $i = 0,01$ , температура воды  $t_e = + 12,1$  °С, температура мерзлых пород  $t_m = - 3,5$  °С, при льдистости  $G = 120$  кг / м<sup>3</sup>, конечная температура пород  $t_m = +3,0$  °С.

### Решение:

1. По формуле (3.23) определяем минимальную глубину дренажной канавы

$$h_\delta = 2/3 \cdot 4,8 = 3,2 \text{ м.}$$

2. По табл. 3.8 определяем длину пути фильтрации (расстояние между питающей и дренажной канавами), так как  $K_\phi = 3,8$  м / ч = 91,2 м / сут, то  $l_\phi = 45$  м.

3. По формуле (3.24) глубина дренирования составит:

$$Z_\delta = 3,2 + 4,5 \cdot 0,01 - 0,35 - (0,5 - 0,2) = 3,0 \text{ м.}$$

4. По формуле (3.26) определяем объем оттаиваемых горных пород:

$$V_{om} = 4,8 \cdot 45 \cdot 100 = 21600 \text{ м}^3.$$

5. Необходимое количество воды для оттайки определяем по формуле

$$(3.25)$$

$$\omega = 10 \cdot 21600 = 216000 \text{ м}^3.$$

6. По табл. 3.10 определяем удельную теплоту оттаивания  $Q_{y\delta} = 55000$  кДж / м<sup>3</sup>. Тогда необходимое время для оттаивания всего массива мерзлых горных пород на участке можно определить приближенно по формуле (3.35):

$$\tau = 4,8 \cdot 55000 \cdot 45 / (209,2 \cdot 12,1 \sqrt{3,8 \times 3,0}) = 1372 \text{ ч} = 57 \text{ сут.}$$

7. Необходимый среднесуточный расход воды определяем по формуле (3.27)

$$\omega_{\text{сут}} = 10 \cdot 21600 / 57 = 3789 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

8. По формуле (3.28) определяем необходимый часовой расход воды, приходящийся на 1 м погонной длины питающей канавы

$$\omega_n = 3789 / (24 \cdot 100) = 1,58 \text{ м}^3 / (\text{м} \cdot \text{ч}).$$

9. Величина возможного питания ФДО определяется по формуле (3.29)

$$\omega_\phi = 200 / 100 = 2,0 \text{ м}^3 / (\text{м} \cdot \text{ч}).$$

10. Необходимый приток воды с 1 м погонной длины дренажной канавы определяется по формуле (3.30)

$$\omega_\partial = 3,8 [4,8^2 - (4,8 - 3,0)^2] / (2 \cdot 45) = 0,836 \text{ м}^3 / (\text{м} \cdot \text{ч}).$$

11. Режим питания ФДО избыточный, т.к.  $\omega_\phi > \omega_n > \omega_\partial = 2,0 > 1,58 > 0,836$ . Учитывая, что по условию  $Z < h_{\text{от}}$ , то можно по формуле (3.32) определить глубину оттайки, при которой режим питания изменится.

$$h = 45 \cdot 2,0 / (3,8 \cdot 3,0) + 3,0 / 2 = 9,39 \text{ м.}$$

Оттаивание мерзлых горных пород будет происходить при постоянном избытке воды, т.к. заданная глубина оттаивания значительно меньше глубины оттайки при достижении которой режим питания изменится.

### Задание для самостоятельной работы №5

1. Определить режим водоснабжения (условия в табл. 3.12).
3. Выполнить анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

### Исходные данные для расчета фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых пород с ограниченным канавным питанием

Номер варианта	Температура породы, °С		Коэффициент фильтрации породы, м / ч				Содержание льда в породе, кг / м <sup>3</sup>			
	начальная	конечная	1 слой	2 слой	3 слой	4 слой	1 слой	2 слой	3 слой	4 слой
1	-2	+3	3,0	2,5	2,0	1,6	80	100	150	200
2	-2	+3	2,7	2,3	2,3	1,5	100	200	300	400
3	-3	+3	2,5	2,0	1,5	1,4	90	120	200	300

4	-3	+5	2,6	2,2	2,0	1,7	110	150	250	350
5	-4	+5	3,0	2,0	1,7	1,6	80	100	200	250
6	-4	+5	2,8	2,5	2,1	1,5	70	90	150	200
7	-5	+8	2,4	2,1	1,5	1,8	100	140	240	300
8	-5	+10	2,9	1,5	2,0	1,5	60	110	300	400
9	-6	+10	3,0	2,0	2,4	1,9	90	150	250	350
10	-6	+5	2,5	2,4	1,5	1,6	50	130	200	200
11	-7	+5	2,7	2,1	2,2	1,8	90	170	280	300
12	-10	+8	2,9	2,2	2,5	1,7	70	100	220	250

### Пример №5

Определить время оттаивания мерзлых галечников при ограниченном режиме питания, если глубина дренирования и глубина оттайки  $Z_0 = h_{om} = 4$  м.

Мощность каждого оттаиваемого слоя мерзлых горных пород  $\Delta h_{om} = 1$  м. Температура подаваемой в канаву воды  $t_e = +5$  °С. Длина пути фильтрации  $l_\phi = 20$  м. Температура талых пород  $t_m = +2,3$  °С. Коэффициент фильтрации соответственно для 1, 2, 3, 4 слоев равен  $K_{\phi 1} = 3,0$  м / ч;  $K_{\phi 2} = 2,5$  м / ч;  $K_{\phi 3} = 2,0$  м / ч;  $K_{\phi 4} = 1,0$  м / ч.

Льдистость горных пород в 1, 2, 3, 4 слое соответственно равна  $G_1 = 80$  кг / м<sup>3</sup>;  $G_2 = 100$  кг / м<sup>3</sup>;  $G_3 = 150$  кг / м<sup>3</sup>;  $G_4 = 200$  кг / м<sup>3</sup>. Температура мерзлых пород – 5 °С.

### Решение:

1. Определяем удельные затраты теплоты для оттаивания 1 м<sup>3</sup> мерзлых пород по табл. 3.10:

- для 1 слоя  $Q_{y\partial 1} = 40000$  кДж / м<sup>3</sup>;
- для 2 слоя  $Q_{y\partial 2} = 48286$  кДж / м<sup>3</sup>;
- для 3 слоя  $Q_{y\partial 3} = 65320$  кДж / м<sup>3</sup>;
- для 4 слоя  $Q_{y\partial 4} = 82275$  кДж / м<sup>3</sup>.

2. Определяем необходимый приток воды в дренажную выработку по формуле (3.30):

$$\omega_{\partial 1} = 3,0 (1^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,075 \text{ м}^3 / (\text{м ч});$$

$$\omega_{\partial 2} = 2,5 (2^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,25 \text{ м}^3 / (\text{м ч});$$

$$\omega_{\partial 3} = 2,0 (3^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,45 \text{ м}^3 / (\text{м ч});$$

$$\omega_{\partial 4} = 1,0 (4^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,40 \text{ м}^3 / (\text{м ч}).$$

3. Определяем среднюю мощность фильтрационного потока в период увеличения глубины оттайки на  $\Delta h_{om}$  по формуле (3.37).

$$H_{i1} = 0,5 [0,5 - 4 + \sqrt{(0,5 - 4)^2 + 2 \times 0,075 \times 20 / 3,0}] = 0,070 \text{ м};$$

$$H_{i2} = 0,5 [1,5 - 4 + \sqrt{(1,5 - 4)^2 + 2 \times 0,250 \times 20 / 2,5}] = 0,350 \text{ м};$$

$$H_{i3} = 0,5 [2,5 - 4 + \sqrt{(2,5 - 4)^2 + 2 \times 0,450 \times 20 / 2,0}] = 0,927 \text{ м};$$

$$H_{i4} = 0,5 [3,5 - 4 + \sqrt{(3,5 - 4)^2 + 2 \times 0,400 \times 20 / 1,0}] = 1,765 \text{ м}.$$

4. Время оттайки каждого слоя составит (формула 3.36)

$$\tau_{i1} = 0,0048 \cdot 1 \cdot 40000 \cdot \sqrt{0,07 \times 20 / 0,075} / 5 = 165,0 \text{ ч};$$

$$\tau_{i2} = 0,0048 \cdot 1 \cdot 48276 \cdot \sqrt{0,35 \times 20 / 0,25} / 5 = 245,0 \text{ ч};$$

$$\tau_{i3} = 0,0048 \cdot 1 \cdot 65320 \cdot \sqrt{0,927 \times 20 / 0,45} / 5 = 402,0 \text{ ч};$$

$$\tau_{i4} = 0,0048 \cdot 1 \cdot 82285 \cdot \sqrt{1,765 \times 20 / 0,40} / 5 = 742,0 \text{ ч}.$$

5. Общее время оттайки всех слоев ( $\tau_{общ}$ , сут.) определяется по формуле

$$\tau_{общ} = (\tau_{i1} + \tau_{i2} + \tau_{i3} + \tau_{i4}) / 24. \quad (3.38)$$

Тогда  $\tau_{общ} = (165 + 245 + 402 + 742) / 24 = 1554 / 24 = 65 \text{ сут}.$

Результаты расчета заносятся в табл. 3.13.

Таблица 3.13

**Результаты расчета фильтрационно-дренажного оттаивания с канавным питанием фильтрационного потока**

Номер слоя	$G$ , кг / м <sup>3</sup>	$K_{\phi}$ , м / ч	$Q_{уд}$ , кДж / м <sup>3</sup>	$\omega_{\partial}$ , м <sup>3</sup> / (м · ч)	$H_i$ , м	$\tau$ , ч
------------	------------------------------	-----------------------	------------------------------------	---	--------------	---------------

1	80	3,0	40000	0,075	0,070	165
2	100	2,5	48275	0,250	0,350	245
3	150	2,0	65320	0,450	0,927	402
4	200	1,0	82275	0,400	1,789	742
Итого						1554

### Задание для самостоятельной работы №5

1. Определить время оттаивания мерзлых галечников с песчаным заполнителем при ограниченном режиме питания, если  $Z = h_{om} = 4$  м.

Мощность каждого слоя  $h_i = 1$  м (условия в табл. 3.14).

Длина пути фильтрации и температура воды принимается по табл. 3.12.

3. Выполнить анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

Таблица 3.14

### Исходные данные для расчета фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых пород с ограниченным канавным питанием

Номер варианта	Температура породы, °С		Коэффициент фильтрации породы, м / ч				Содержание льда в породе, кг / м <sup>3</sup>			
	начальная	конечная	1 слой	2 слой	3 слой	4 слой	1 слой	2 слой	3 слой	4 слой
1	-2	+3	3,0	2,5	2,0	1,6	80	100	150	200
2	-2	+3	2,7	2,3	2,3	1,5	100	200	300	400
3	-3	+3	2,5	2,0	1,5	1,4	90	120	200	300
4	-3	+5	2,6	2,2	2,0	1,7	110	150	250	350
5	-4	+5	3,0	2,0	1,7	1,6	80	100	200	250
6	-4	+5	2,8	2,5	2,1	1,5	70	90	150	200
7	-5	+8	2,4	2,1	1,5	1,8	100	140	240	300

8	-5	+10	2,9	1,5	2,0	1,5	60	110	300	400
9	-6	+10	3,0	2,0	2,4	1,9	90	150	250	350
10	-6	+5	2,5	2,4	1,5	1,6	50	130	200	200
11	-7	+5	2,7	2,1	2,2	1,8	90	170	280	300
12	-10	+8	2,9	2,2	2,5	1,7	70	100	220	250

#### Пример №4

Определить режим водоснабжения ФДО участка россыпного месторождения, если известно, что дебит источника водоснабжения  $\omega_u = 200$  м<sup>3</sup> / ч, коэффициент фильтрации горных пород  $K_\phi = 3,8$  м / ч, длина участка работ (длина фронта фильтрации)  $l = 100$  м, глубина воды в канавах  $h_g = 0,3$  м, глубина оттайки  $h_{om} = 4,8$  м, глубина питающей и оросительных канав соответственно  $h_{нк} = h_{ок} = 0,5$  м, поперечный уклон россыпи  $i = 0,01$ , температура воды  $t_g = + 12,1$  °С, температура мерзлых пород  $t_m = - 3,5$  °С, при льдистости  $G = 120$  кг / м<sup>3</sup>, конечная температура пород  $t_m = +3,0$  °С.

#### Решение:

- По формуле (3.23) определяем минимальную глубину дренажной канавы

$$h_d = 2/3 \cdot 4,8 = 3,2 \text{ м.}$$

- По табл. 3.8 определяем длину пути фильтрации (расстояние между питающей и дренажной канавами), так как  $K_\phi = 3,8$  м / ч = 91,2 м / сут, то  $l_\phi = 45$  м.

- По формуле (3.24) глубина дренирования составит:

$$Z_d = 3,2 + 4,5 \cdot 0,01 - 0,35 - (0,5 - 0,2) = 3,0 \text{ м.}$$

- По формуле (3.26) определяем объем оттаиваемых горных пород:

$$V_{om} = 4,8 \cdot 45 \cdot 100 = 21600 \text{ м}^3.$$

- Необходимое количество воды для оттайки определяем по формуле (3.25)

$$\omega = 10 \cdot 21600 = 216000 \text{ м}^3.$$

6. По табл. 3.10 определяем удельную теплоту оттаивания  $Q_{уд} = 55000$  кДж / м<sup>3</sup>. Тогда необходимое время для оттаивания всего массива мерзлых горных пород на участке можно определить приближенно по формуле (3.35):

$$\tau = 4,8 \cdot 55000 \cdot 45 / (209,2 \cdot 12,1 \sqrt{3,8 \times 3,0}) = 1372 \text{ ч} = 57 \text{ сут.}$$

7. Необходимый среднесуточный расход воды определяем по формуле (3.27)

$$\omega_{сут} = 10 \cdot 21600 / 57 = 3789 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

8. По формуле (3.28) определяем необходимый часовой расход воды, приходящийся на 1 м погонной длины питающей канавы

$$\omega_n = 3789 / (24 \cdot 100) = 1,58 \text{ м}^3 / (\text{м} \cdot \text{ч}).$$

9. Величина возможного питания ФДО определяется по формуле (3.29)

$$\omega_\phi = 200 / 100 = 2,0 \text{ м}^3 / (\text{м} \cdot \text{ч}).$$

10. Необходимый приток воды с 1 м погонной длины дренажной канавы определяется по формуле (3.30)

$$\omega_\delta = 3,8 [4,8^2 - (4,8 - 3,0)^2] / (2 \cdot 45) = 0,836 \text{ м}^3 / (\text{м} \cdot \text{ч}).$$

11. Режим питания ФДО избыточный, т.к.  $\omega_\phi > \omega_n > \omega_\delta = 2,0 > 1,58 > 0,836$ . Учитывая, что по условию  $Z < h_{ом}$ , то можно по формуле (3.32) определить глубину оттайки, при которой режим питания изменится.

$$h = 45 \cdot 2,0 / (3,8 \cdot 3,0) + 3,0 / 2 = 9,39 \text{ м.}$$

Оттаивание мерзлых горных пород будет происходить при постоянном избытке воды, т.к. заданная глубина оттаивания значительно меньше глубины оттайки при достижении которой режим питания изменится.

#### **Задание для самостоятельной работы №4**

1. Выполнить расчет фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых горных пород с канавным питанием.

2. Определить режим водоснабжения (условия в табл. 3.12).

3. Выполнить анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

**Исходные данные для расчета фильтрационно-дренажного  
оттаивания с избыточным канавным питанием**

Номер вари- анта	Длина фронта филт- рации, м	Дебит источ- ника, м <sup>3</sup> / ч	Длина пути филт- рации, м	Кoeffи- циент филт- рации, м / ч	Время оттаи- вания пород, сут	Глуби- на от- таива- ния, м	Темпе- ратура воды, °С	Содержа- ние льда в горной породе, кг / м <sup>3</sup>
1	110	130	20	1,50	50	4,0	5	400
2	120	140	25	1,84	60	4,0	6	350
3	90	110	30	1,26	70	4,2	7	300
4	80	100	35	1,68	80	4,4	8	250
5	100	125	40	2,10	90	4,6	9	200
6	85	100	45	2,52	100	4,8	10	150
7	125	140	50	2,94	110	4,8	11	180
8	95	105	55	3,36	120	4,6	11	200
9	110	130	60	3,78	130	4,6	12	220
10	125	150	20	1,40	140	4,4	8	250
11	115	130	30	1,55	150	4,4	9	300
12	105	115	35	2,00	160	4,2	10	350