

## Лекция. «УСКОРЕНИЕ ОТТАИВАНИЯ МЕРЗЛЫХ ПОРОД И ГРУНТОВ»

Ускорение оттаивания мерзлых пород и грунтов целесообразно осуществлять на участках с площадью не более 1000 м<sup>2</sup> (табл.10).

Таблица 10. Уменьшение глубины промерзания пород и грунтов под гидроизоляционным покрытием

Глубина зимнего промерзания, м	Месяцы		
	III	IV	V
0,5	0,30-0,40	0,65-0,70	0,90-1,00
1,0	0,25-0,30	0,50-0,60	0,85-0,90
1,5	0,20-0,25	0,45-0,50	0,75-0,80
2,0	0,15-0,20	0,40-0,45	0,70-0,80
2,5	0,10-0,15	0,40-0,50	0,70-0,80

Работы по ускорению оттаивания мерзлых пород и грунтов включают подготовку поверхности массива горных пород и пленочного покрытия, настилку его на поверхность и эксплуатацию последнего до момента оттаивания пород и грунтов на заданную глубину [11].

Подготовка поверхности к укладке гидроизоляционного ковра категорически исключает работы по выжиганию сухой травы на поверхности земли. Изготовление полотнищ полимерной пленки следует производить в закрытых помещениях при температуре не ниже +10 °С путем сваривания лент пленочного материала в полотнища. Оптимальные размеры полотнища приведены в табл.11.

Таблица 11. Рекомендуемые размеры полотнищ полимерной пленки

Ширина на ленты, м	Длина полотнища, м	Ширина шва, м	Размеры полотнища, м	Площадь, м <sup>2</sup>
1,25	20	2	6,10 x 20	122
1,25	30	2	5,90 x 30	177
3,00	30	2	5,96 x 30	179

Сваривание пленки обеспечивается горячим электрическим утюгом с терморегулятором, нагретым до температуры 100 - 130 °С, но не более 180 °С. После сваривания производится укладка и упаковка полотнищ. Доставка полотнищ на полигон включает их транспортировку и раскладку по коротким сторонам укрываемых участков. При необходимости устройства воздушного зазора между поверхностью горных пород и пленкой подготовительные работы

включают дополнительные операции по устройству на поверхности горных пород и грунтов земляных валиков для присыпки пленочного покрытия.

Допускается применение дощатых ребер высотой 0,10-0,15 м, а также завоз грунта для присыпки.

Перед настилкой полотнищ целесообразно поверхность мерзлых пород и грунтов полить водой. Укрытие поверхности пленкой также целесообразно производить после перемены радиационного баланса поверхности земли с отрицательного на положительный знак и при температуре не ниже +5 °С. Обычно такие условия складываются в дневные часы суток второй-третьей декады марта. Настилку пленки начинают с наветренной стороны вдоль полигона. Работы выполняются бригадой из четырех человек. У полотнища освобождают край длиной 1,0-1,5 м, который по всей длине присыпается грунтом или породой на ширину не менее 0,4-0,5 м. Высота присыпки должна быть не менее 0,08-0,10 м. Она защищается от выдувания и разрушения щебеночной наброской в один слой или укладкой на нее горбыля.

После закрепления края, полотнище из полимерной пленки разворачивают на длину не более 5 м, выравнивают и одновременно выполняют присыпку краев по его длинным сторонам. На расстоянии 10-15 см от краев длинных сторон полотнища, напротив друг друга устанавливаются штыри, между которыми над пленкой натягивается струна из синтетической нити или из тонкой проволоки. Расстояние между струной и пленкой должно быть не более 5 см. После этого полотнище разворачивается еще на 4-5 м и операции по присыпке краев и установке струны повторяются. Работы по укрытию поверхности пород и грунтов полотнищем из полимерной пленки завершаются присыпкой его свободного края. Застилка соседних участков производится аналогично.

Категорически запрещается для защиты пленочного полотна производить присыпку его песком по всей площади полотнища. В местах установки термометрических труб в пленочном покрытии вырезаются отверстия диаметром, превышающим диаметр трубы не более чем на 5 см. После настила полотнища устраиваются проходы к термометрическим трубам.

Жесткое крепление пленочного покрытия к подстилающим породам, а также локальные тяжелые пригрузки на нем не допускаются, так как в результате температурных деформаций пленочный покров разрушается в этих местах из-за различий деформационных свойств пленки в продольном и поперечном направлениях полотнища. Эксплуатация пленочного покрытия с нарушением его сплошности неэффективна. В случае повреждения полотнища при транспортировке, настилке или в период эксплуатации, образовавшиеся в нем порывы следует тщательно заклеить клеящей лентой, или наложить заплату с помощью клеящей ленты.

Для защиты пленочного покрова от разрушения огнем (при степном пожаре) вокруг полигона устраивается огнезащитная полоса шириной не менее 1,0 м. Полоса может быть выполнена из насыпанного на поверхность земли грунта без сухих растительных остатков, либо путем срезки почвенного слоя с

сухим травостоем. Допускается использование присыпки пленочного покрытия, в качестве огнезащитной полосы. Однако, при этом ширина присыпки должна быть увеличена до 1,0 м.

Для ускорения оттаивания пород и грунтов целесообразно сочетать пленочное покрытие с прорезанными на поверхности земли щелями глубиной 0,7-1,0 м. В этом случае размеры полотнища принимаются 3 x 20 м. Каждая лента укрывает не более чем одну щель. Расстояние между осями параллельных щелей должно быть не более 3 м. Щели следует располагать в меридиальном направлении, то есть с севера на юг.

После прорезки щели целесообразно сохранять земляные валики на обеих ее бровках. Настилку полотнища в этом случае производят вдоль, либо поперек щели с одновременной присыпкой краев и установкой струн. В продольном стыке полотнища укладываются внахлестку, с перекрытием шва не менее чем на 20 см. Допускается приклейка на клеящую ленту полосы из полимерной пленки к одному из полотнищ вдоль всего шва. При этом ширина нахлестки в обе стороны от шва должна быть не менее 0,2 м. Верхний свободный край полотнища покрывается настилом для прохода наблюдателя вдоль полигона. Устройство проходов в перпендикулярном направлении осей щелей допускается лишь по контуру полигона. Демонтаж полотнища производится при температуре не ниже + 10 °С и при скорости ветра не более 5 м/с. Предварительно снимаются удерживающие струны и освобождаются края полотнища от присыпки. Полотнище расправляется и наматывается короткой стороной на крутящуюся вокруг своей продольной оси бобину, установленную с наветренной стороны полигона. При этом ширина бобины должна быть больше ширины полотнища на 10-15 см.

Повторное использование полотнища допускается лишь при условии сохранения пленкой основных физико-механических характеристик.

#### 2.4. Предохранение горных пород и грунтов от сезонного промерзания

Предохранение горных пород и грунтов от сезонного промерзания производится следующими способами [4]: затопление поверхности предохраняемых участков водой; создание воздушно-ледяных покрытий; рыхление и осушение поверхностного слоя горных пород; накопление снежного покрова путем снегозадержания; применение искусственных покрытий из пенополистирольных щитов; покрытие водо-воздушными и быстротвердеющими пенами предохраняемых участков. Предохранение пород и грунтов от промерзания целесообразно осуществлять на площадях более 500 м<sup>2</sup>. Оно обеспечивает не только необходимый объем подготовки мерзлых пород к разработке, но и позволяет существенно увеличить продолжительность сезона ведения горных и строительных работ, а также время эксплуатации рабочего оборудования [11].

Выбор способа предохранения пород и грунтов от промерзания производится на основании климатических, мерзлотных, гидрогеологических характеристик, а также с учетом рельефа поверхности, уклона, размеров предохраняемого участка и прогноза годовых и многолетних изменений уровней грунтовых вод.

До начала промерзания с поверхности утепляемого полигона удаляются локальные скопления воды, а проточные воды отводятся каналами за пределы полигона и сбрасываются в ливневую канализацию или по рельефу земной поверхности в накопитель сточных вод. Одновременно производится уборка валунов, пней, выравнивание поверхности земли, разметка и обозначение на местности подъездных путей для транспорта, доставляющего теплоизоляционный материал на полигон.

Инженерно-мелиоративные работы следует производить с минимальным нарушением естественной поверхности и почвенного покрова. При этом при производстве земляных работ целесообразно на склонах, а именно, с нагорной стороны котлованов устраивать водоотводную канаву с уклоном не менее 5% для самотечного сброса воды.

Для предохранения пород и грунтов от промерзания рекомендуется использовать переносные щиты площадью 2-3 м<sup>2</sup> и толщиной 15 см. из пенополистирола или пенопласта. Щиты изготавливают из гранулированного вспенивающегося полистирола (МРТУ-6-05-1019-66) на специальной установке МФП-3. Они предназначены для многократного использования. Следует учитывать срок службы таких щитов. Как правило, срок службы их не превышает 7-8 лет.

Настилка щитов выполняется вручную, звеном из двух человек. Максимальная сменная производительность такого звена достигает 1000 м<sup>2</sup>. Превышение соседних щитов друг над другом должно быть не более ¼ их толщины. Утепляющий покров по краям обваловывают и присыпают породой или грунтом. Ширина присыпки должна назначаться не менее 0,5 м для недопущения возгорания. Сверху теплоизоляционное покрытие застилают пленкой, которая с одной стороны служит гидроизоляционным ковром для теплоизолятора, а с другой – удерживает его в проектном положении. В районах с дефицитом зимних атмосферных осадков допускается не применять пленку. В качестве элемента, удерживающего покрытие, целесообразно использовать тонкую стальную проволоку (или синтетическую нить), натянутую над покрытием и обеими концами закрепленную на анкерах, расположенных по контуру покрытия (штырях, вмороженных или вбитых в породу, на рейках или брусках, уложенных на поверхность породы на противоположных кромках покрытия). При площади предохраняемой поверхности до 200 м<sup>2</sup> или для разработки породы в траншеях, теплоизоляционный покров допускается выполнять из минеральной ваты и других эффективных теплоизоляционных материалов. Не допускается укладывать утеплитель из минеральной ваты непосредственно на поверхность горных пород и грунтов. До укладки минеральной ваты поверхность пород

должна быть укрыта гидроизоляционным материалом – полимерной пленкой. Укладка минеральной ваты непосредственно на поверхность пород допускается лишь в случае, если в его верхнем слое от поверхности и до глубины не менее 0,5 м влажность не превышает 10%.

Минераловатный утеплитель следует укрывать сплошным гидроизоляционным ковром, во избежание увлажнения теплоизоляционного материала. При этом необходимо предусмотреть мероприятия по защите теплоизоляционного покрытия от разрушения ветром, или от механического уплотнения.

Укладку утеплителя следует производить не ранее третьей декады августа и не позднее второй декады сентября с целью консервации максимального количества тепла в слое сезонного промерзания (оттаивания). При необходимости предохранения пород и грунтов от промерзания в течение всей зимы следует удалять утеплитель с поверхности земли в третьей декаде марта. Эти работы производят не позднее первой декады апреля, так как с этого времени утеплитель выполняет нежелательную функцию – замедляет нагревание и оттаивание мерзлых пород и грунтов. Для предохранения горных пород и грунтов от промерзания в зимнее время при создании траншей шириной более 2 м, ширина утеплителя на поверхности принимается в два раза больше нормативной глубины промерзания. Для проходки траншей шириной менее 1 м и глубиной менее 2 м предохранение пород и грунтов от промерзания целесообразно лишь в первую половину зимы, то есть до января.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТТАИВАНИЯ МЕРЗЛЫХ ГАЛЕЧНИКОВ»

**ПРИМЕР 5.** Определить время оттаивания мерзлых галечников при ограниченном режиме питания, если глубина дренирования и глубина оттайки  $Z_d = h_{от} = 4$  м. Мощность каждого оттаиваемого слоя  $\Delta h_{от} = 1$  м. Температура подаваемой в канаву воды  $t_b = +5$  °С. Длина пути фильтрации  $l_\phi = 20$  м. Температура талых пород  $t_r = +2,3$  °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.19.

Для 1 слоя  $Q_{уд1} = 40000$  кДж/м<sup>3</sup>; для 2 слоя  $Q_{уд2} = 48286$  кДж/м<sup>3</sup>; для 3 слоя  $Q_{уд3} = 65320$  кДж/м<sup>3</sup>; для 4 слоя  $Q_{уд4} = 82275$  кДж/м<sup>3</sup>.

2. Определяем необходимый приток воды в дренажную выработку по формуле (70):

$$\omega_{д1} = 3,0 (1^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,075 \text{ м}^3/(\text{м ч});$$

$$\omega_{д2} = 2,5 (2^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,25 \text{ м}^3/(\text{м ч});$$

$$\omega_{д3} = 2,0 (3^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,45 \text{ м}^3/(\text{м ч});$$

$$\omega_{д4} = 1,0 (4^2 - 0^2) / (2 \cdot 20) = 0,40 \text{ м}^3/(\text{м ч});$$

3. Определяем среднюю мощность фильтрационного потока в период увеличения глубины оттайки на  $\Delta h_{от}$  по формуле (77).

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

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

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

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

4. Время оттайки каждого слоя составит (формула 76)

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

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

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

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

5. Общее время оттайки всех слоев составит  $\tau_{общ} = 1554 / 24 = 65$  суток.

Таблица 25. Результаты расчета фильтрационно-дренажного оттаивания с канавным питанием фильтрационного потока

№ слоя	G, кг/м <sup>3</sup>	K <sub>ф</sub> , м/ч	Q <sub>уд</sub> , кДж/м <sup>3</sup>	$\omega_{д}$ , м <sup>3</sup> /(м · ч)	H <sub>i</sub> , 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

#### З А Д А Ч А №4

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

1. Определить режим водоснабжения (условия в табл.26).

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

каждого слоя  $h_i = 1$  м (условия в табл.27). Длина пути фильтрации и температура воды принимается по табл.26.

3.Выполнить анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

Таблица 26. Исходные данные для расчета фильтрационно-дренажного оттаивания с избыточным канавным питанием

№ варианта	Длина фронта фильтрации, м	Дебит источника, м <sup>3</sup> /ч	Длина пути фильтрации, м	Коэффициент фильтрации, м/ч	Время оттаивания пород, сут	Глубина оттаивания, м	Температура воды, °С	Содержание 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

Таблица 27. Исходные данные для расчета фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых пород с ограниченным канавным питанием

№ 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