

Оттаивание и предупреждение от смерзания пород с помощью химических реагентов

Химические реагенты, предупреждающих смерзание пород, целесообразно применять для производства земляных работ в слабофильтрующих породах в первую половину зимы (с октября по февраль). При этом в качестве химического реагента рекомендуется использовать растворы [7]:

- калий хлористый или калийные соли;
- калий фтористый или бифторид калия;
- натрий фтористый;
- калий фтористый и натрий фтористый в отношениях 1:2;
- натрий хлористый;
- кальций хлористый, а также хлоридные соли кальция и магния, аммиак, калиевое и натриевое жидкое стекло.

Калий хлористый (KCl) – мелкокристаллическая соль, хорошо растворимая в воде (ГОСТ 4568 – 65).

Калиевые соли, хорошо растворимые в воде, в сухом состоянии представляют собой смесь хлористого калия (KCl) с сильвинитом, галитом, каинитом (СТУ 43 – 193-61).

Калий фтористый (KF), калий бифторид (KHF₂) и натрий фтористый NaF – это мелко- и среднезернистые соли, растворимые в воде.

Калиевое и натриевое жидкое стекло – вязкие водные растворы силиката калия (K₂O · n SiO₂) и силиката натрия (Na₂O · n SiO₂) с удельным весом 1,45-1,50 г/см³.

Химические реагенты должны отвечать основным требованиям:

- отсутствие коррозионного воздействия на средства механизации работ, транспортные средства, строительные конструкции;
- удобство перевозки, хранения и производственного применения с использованием серийных средств механизации работ;

- нетоксичность, отсутствие вредного воздействия на окружающую среду, взрыво-пожаробезопасность;

- сохранение физико-механических свойств при длительном хранении (не менее 2-х лет).

Хлористые соли относительно дешевы и доступны, но обладают повышенной коррозионной агрессивностью к металлам (в том числе и к рабочим органам машин и механизмов).

Технические азотнокислый кальций и азотнокислый магний, выпускаемые широко на заводах Министерства химической промышленности не оказывают значительного коррозионного воздействия на черные металлы и строительные материалы.

При относительно невысокой стоимости азотнокислый кальций является эффективным противоморозным реагентом и может найти широкое применение в строительстве.

Нитрит и нитрат натрия, выпускаемые промышленностью в широких масштабах, можно применять для обработки всех видов горных пород.

Расчет количества реагента, необходимого для обработки пород (K_p , кг), производится по формуле [14]:

$$K_p = S_n \times h \times \gamma_o \times m_p, \quad (2.30)$$

где S_n – площадь обрабатываемых пород, м²;

h – глубина обработки пород, м;

γ_o – объемный вес скелета пород, кг/м³;

m_p – расход реагента, кг/(кг породы).

$$m_p = M \times \mathcal{E} \times E \times 10^6 / A_g, \quad (2.31)$$

где M – молекулярный вес, вносимой соли, г-мол;

\mathcal{E} – эквивалентный вес катиона, применяемой соли, мг;

E – емкость поглощения соли породой, м/экв на 1 кг;

A_g – атомный вес катиона этой соли, г.

Необходимая концентрация растворов хлористого натрия или хлористого кальция (C_t , %) определяется в зависимости от расчетной температуры, при которой порода не должна замерзать:

$$C_t = \alpha \times t_{p.z.}^n, \quad (2.32)$$

где $t_{p.z.}$ – расчетная температура замерзания породы, °С;

α , n – коэффициенты, зависящие от расчетной температуры замерзания породы (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Коэффициенты для определения концентрации растворов хлористого натрия и хлористого калия

Температура замерзания пород, °С	α , %/°С		n	
	NaCl	CaCl ₂	NaCl	CaCl ₂
0...-4	1,67	2,30	1,00	0,92
-4...-14	2,10	3,30	0,86	0,68
-14...-21	4,50	3,70	0,59	0,65
-21...-32	-	5,10	-	0,64

Относительное содержание чистой соли (X_c , кг) в растворе выражается отношением:

$$X_c = V \times \gamma_p, \quad (2.33)$$

где V – объем раствора, м³;

γ_p – плотность раствора, г/см³, для NaCl – $\gamma_p = 1 \dots 1,65$; для CaCl₂ – $\gamma_p = 1 \dots 1,78$.

Количество теплообразующего реагента допускается принимать по результатам опытных данных: для сплава хлоридов (в сухом виде) – не менее 50...70 кг/м³ [7, 14].

При использовании хлористого натрия расход соли принимается в зависимости от влажности горных пород (W , доли ед.) в пределах сезонно мерзлого слоя (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Расход соли хлористого натрия при оттаивании сезонно мерзлого слоя горных пород

Средняя влажность пород и грунтов по глубине сезонномерзлого слоя, доли ед.	0,08	0,08-0,10	0,10-0,12	0,12-0,14	0,14-0,16
Расход соли, кг/м ²	10	12	14	15	16

Перечисленные реагенты, за исключением калиевого и натриевого жидкого стекла и хлоридов кальция и натрия, применяются в виде сухих солей.

Использование химических реагентов для ускорения оттаивания мерзлых пород (для размораживания) рекомендуется для производства земляных работ в фильтрующих породах во вторую половину зимы (с февраля по середину апреля) [12].

Размораживание пород экономически целесообразно до глубины 2,0 м и при разработке небольших, разбросанных по площади котлованов, сложенных породами со степенью влажности менее 0,08.

Введение в мерзлую горную породу химических реагентов рекомендуется в виде рассолов через канавы и щели параллельного или взаимно перпендикулярного направления, а также через морозобойные трещины естественного или искусственного происхождения.

Рассол до введения в мерзлую породу необходимо подогреть до температуры +40...50 °С.

Канавы и щели необходимо создавать в предзимний период в талых породах на месте проектируемого котлована и укрыть теплоизоляционным материалом до заполнения их химическим реагентом. Расстояние между соседними канавами или щелями не должно превышать 2,5...3,0 м [12].

На участках, где отсутствуют морозобойные трещины до разлива соляного раствора, поверхность земли следует разбить на карты земляными валиками. Каждая карта должна заливаться рассолом по всей площади не более, чем за 1 сутки.

Ориентировочную продолжительность размораживания мерзлых горных пород и грунтов с помощью растворов поваренной соли при максимальном содержании 200...300 кг/м³, можно принимать по табл. 2.13 [7, 14].

Таблица 2.13

Продолжительность размораживания пород и грунтов с помощью растворов поваренной соли

Вид породы	Гравелистые породы	Пески	Супеси
Продолжительность размораживания, сут	3-4	7-10	12-18

Для размораживания мелкодисперсных пород целесообразно использовать растворы с добавкой трех хлорного железа.

Основные физико-химические свойства противоморозных химических реагентов, их технические и производственные характеристики приведены в табл. 2.14.

Таблица 2.14

Физико-химические свойства противоморозных химических реагентов

Реагенты	Растворимость в воде, кг/м ³ (при температуре)		Эвтектика		ГОСТ
	+ 20 °С	+80 °С	коэффициент, %	температура, °С	
Кальций хлористый	5360	-	27	-55	4141-06
Антигололедный низкотемпературный антифриз АНТА	1200	4000	33	-55	-
Натрий нитрит (натрий азотно-кислый)	829	1600	27	-20	19906-74
Натрий нитрат (нитрит азотно-кислый, натриевая селитра)	880	1700	39	-18	828-68
Нитрит-нитрат натрия	1280	2240	47	-30,9	-
Кальцит натрия (кальций азотно-кислый, кальциевая селитра)	1850	3546	43	-29	МРТУ 6-03-195-67
Мочевина (карбомид)	1080	3720	33	-12	2081-75
Мочевина кальциевая селитра	1470	3400	49	-25	-

При производстве работ по размораживанию мерзлых пород естественного сложения обработка поверхности земли концентрированными водными растворами химических реагентов применяется для хорошо фильтрующих горных пород с коэффициентом фильтрации $K_{\phi} > 1,0$ м/сут. Она производится непосредственно с наступлением устойчивых отрицательных температур.

Горные породы с коэффициентом фильтрации $K_{\phi} = 1,0-10$ м/сут обрабатываются до начала их промерзания.

Растворы разливаются поливо-моечными машинами КПМ распыленной струей за 2...4 приема (2...3 прохода по одному следу в один прием) с интервалом 1...2 суток на песчаных и 2...3 суток на суглинистых породах [14].

Траншеи нарезаются цепными траншейными экскаваторами или баровыми машинами через 10...15 м перпендикулярно уклонам местности на глубину не более половины глубины промерзания пород; заливаются траншеи растворами реагентов за 1...2 недели до наступления устойчивых отрицательных температур.

Связные горные породы (тяжелые супеси, суглинки) обрабатываются за 3...5 недель, а мало связные (пески, легкие супеси) – за 1...2 недели до наступления устойчивых отрицательных температур. На связных тяжелых суглинках и глинах применение этого способа является малоэффективным.

Основным способом предотвращения смерзания пород естественного сложения (в том числе и вскрытых участков карьеров) является комбинированная обработка их путем россыпи реагентов по поверхности с последующей поливкой обработанного участка, концентрированными водными растворами этих же реагентов или небольшим количеством воды за 2...3 приема с перерывами в 1...2 часа для впитывания раствора в породу. Этот способ может применяться для всех видов горных пород, если до наступления устойчивых отрицательных температур не ожидается выпадения атмосферных осадков.

Связные породы обрабатываются за 2...4 недели до начала промерзания, а мало связные и несвязные – с начала промерзания.

Подготовленный участок обрабатывают в такой последовательности [14]:

- рассыпают ровным слоем по поверхности участка сухой реагент (80% от общей расчетной нормы расхода) с помощью распределительных машин (автомобильных пескоразбрызгивателей, сельскохозяйственных распределителей минеральных удобрений) за несколько проходов по одному следу до достижения расчетной нормы расхода (в стесненных условиях распределение реагентов выполняют вручную лопатами);

- поливку сухого слоя реагента производят его концентрированным раствором или водой из комбинированных поливомоечных машин КПМ, из прицепных цистерн, а в стесненных условиях – из ручных леек;

- расход реагента для приготовления растворов должен составлять 20 % от общей расчетной нормы.

Просачиваясь постепенно в породу, реагент растворяется в грунтовой воде образуя низкотемпературный грунтовой раствор, препятствующий впоследствии промерзанию горных пород.

После обработки участка реагентом необходимо принять меры по предотвращению повреждения его поверхности колесами или гусеницами машин и механизмов.

Снег с обработанного реагентами участка счищают лишь непосредственно перед началом земляных работ.

При больших объемах земляных работ (карьеры, большие выемки, котлованы и т.п.) кроме способов, указанных ранее, можно применять следующие вспомогательные приемы [7]:

- россыпь сухих реагентов по поверхности с последующей вспашкой на глубину 0,15...0,20 м;

- предварительную вспашку на глубину до 0,15...0,20 м с по-

следующим равномерным распределением сухого реагента или же поливом концентрированного раствора;

- предварительную нарезку борозд с заливкой в них концентрированных растворов реагентов;

- засоление пород и грунтов путем заливки рассола в предварительно устроенные траншеи.

Траншеи нарезаются цепными траншейными экскаваторами или баровыми машинами через 1,0...1,5 м перпендикулярно уклонам местности на глубину не более половины глубины промерзания пород.

Заливаются траншеи растворами реагентов за 1...2 недели до наступления устойчивых отрицательных температур.

При производстве работ по размораживанию мерзлых пород их обработку следует производить механизированным способом.

За один проход комбинированные поливомоечные машины обеспечивают плотность распределения реагента только до 250...300 г/м², поэтому большой расход реагента обеспечивают за счет повторных проходов этих машин [5].

Способ распределения сухого реагента по поверхности целесообразно применять для всех горных пород (кроме тяжелых суглинков и глин, а также пород имеющих степень влажности более 0,7) в период оттепелей, когда температура наружного воздуха не опускается ниже минус 7,0 °С, а днем поднимается до 0 °С и на поверхности участка имеется хотя бы небольшой слой (1...2 см) снега. Такие условия чаще всего бывают в начале весны, когда породы промерзают на максимальную глубину.

Время полного размораживания пород при промерзании до 1,0 м в среднем составляет от 2 до 5 суток.

Для предотвращения стекания растворов реагента с обрабатываемого участка по его контуру необходимо создать валик из утрамбованной породы высотой 0,10 м и шириной 0,4...0,5 м. На больших площадях через 1,5...2,0 м следует устраивать также промежуточные валики поперек уклона местности.

Обваловку подготавливаемого к разработке участка целесообразно выполнять после первого разлива реагента из пород оттаявшего верхнего слоя.

Поверхностную обработку мерзлых пород концентрированными растворами реагентов на подготовленных участках выполняют за 2...3 приема с перерывами, достаточными для полного проникновения раствора в породу.

Перерывы между последующими разливами растворов составляют 5...6 часов на супесчаных породах и 1...2 суток – на суглинках и глинах.

Раствор реагента распределяют равномерно по всей площади участков с помощью комбинированных поливочных машин типа (КПМ), а также из прицепных цистерн шлангами с распылительными насадками или через распределительные трубы с отверстиями. В зависимости от местных условий: вида, объема выполняемых земляных работ, наличия соответствующих механизмов (буровые станки, баровые машины, рыхлители и т.п.), – верхний слой мерзлых пород готовят к пропитке одним из следующих способов [7, 14]:

- рыхление (вспашка) горных пород на ровных и имеющих небольшие уклоны участках местности на глубину 0,10-0,15 м;

- наклейка поверхности, ее производят клин-молотом на горизонтальных участках местности, а расстояния между ямками выбирают в зависимости от типа пород (0,7...1,0 м);

- нарезка траншей: выполняют баровой или дискофрезерной машиной вдоль участка параллельно уклону местности. Расстояние между траншеями назначают 0,7...1,0 м, а глубину – равной половине глубины промерзания пород;

- бурение скважин: их глубина равна половине мощности промерзающего слоя, расстояние между ними на глинах – 0,9...1,0 м, на суглинках – 1,0...1,5 м.

Разлив реагентов по подготовленной поверхности, а также заливку траншей и скважин выполняют за 2...3 приема. Повторный разлив реагента производят только после впитывания раствора от предыдущей обработки.

Количество раствора для засоления пород на глубину 1 м зависит от влажности и температуры мерзлых пород. Для пород, содержащих 100...200 кг льда в 1 м³ при температуре – 10 °С, необходимо на каждый квадратный метр заливаемой площади подавать 20...40 л раствора в течение 3...4 суток [12].

При проведении работ с химическими противоморозными реагентами необходимо соблюдать меры по технике безопасности.

Перевозку химических реагентов осуществляют железнодорожным и автомобильным транспортом с обеспечением защиты их от непосредственного воздействия атмосферных осадков. При погрузочно-разгрузочных работах принимают меры по обеспечению сохранения тары от механических повреждений и предотвращению потерь реагента.

Погрузочно-разгрузочные операции в зависимости от конкретных условий складирования можно выполнять ленточными транспортерами или автопогрузчиками.

Реагенты, расфасованные в мешки, хранят в закрытых не отапливаемых складах.

Во избежание слеживаемости реагента высота штабелей с реагентом должна быть не более 1,5 м. Временное хранение реагентов (1...2 месяца) допустимо под навесами или на открытом воздухе в штабелях высотой до 1,5 м с укрытием со всех сторон водонепроницаемыми материалами (полиэтиленовой или полихлорвиниловой пленкой, брезентом и др.) [7].

Во всех случаях реагент следует укладывать на стеллажи или подмости, приподнятые над землей не менее чем на 0,10 м с обеспечением циркуляции воздуха под ними.

При длительном хранении, а также в случае некачественного его изготовления, химические реагенты могут терять свои размораживающие

свойства. В связи с этим рекомендуется регулярно (не реже 2 раза в год) отбирать пробы реагентов, сдавать их в химическую лабораторию и проверять на соответствие ГОСТ 4141-06, ГОСТ 19906-74 и техническим условиям.

При работе с противоморозными химическими реагентами необходимо соблюдать правила техники безопасности. Общее вредное действие данных реагентов возможно только при попадании внутрь организма значительных доз. Хлорсодержащие соединения обладают местным раздражающим действием, вызывающим катар слизистых оболочек носа и глаз, раздражение кожных покровов.

При хранении противоморозных химических реагентов следует учитывать влажность воздуха, так как большинство из них (хлорид кальция, АНТА, нитрат кальция и др.) являются гигроскопичными веществами, а реакция поглощения воды веществом сопровождается значительным выделением тепла, что приводит к испарениям. Поэтому, необходимо, чтобы складские помещения хорошо проветривались, а упаковка реагентов была герметичной.

Если противоморозные химические реагенты хранятся в бунтах (навалом), то следует во избежание реакции влагопоглощения, их накрыть полимерной теплопрозрачной пленкой и над бунтами соорудить навес, исключающий прямое попадание атмосферной влаги на реагенты.

При работе с переохлажденными растворами реагентов (концентрированными растворами), во избежание обмораживания открытых частей тела, следует соблюдать меры предосторожности. При всех видах работы с противоморозными реагентами, а также при хранении и транспортировке их необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты (резиновые сапоги, калоши и др.).

Все применяемые противоморозные химические реагенты являются пожаро- и взрывобезопасными (за исключением нитрита натрия, который

при длительном хранении и неблагоприятных условиях выделяет окислы азота, образующие с воздухом взрывоопасные смеси).

После работы с противоморозными реагентами предусматривается обмывание загрязненных частей тела обильным количеством воды (лучше теплой) и обработка открытых частей тела защитными мазями.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

Пример №9

Месторождение россыпного золота, расположенное в зоне многолетней мерзлоты, разрабатывается 250-литровой драгой. Основное направление отработки полигона по восстанию, система разработки россыпи одинарно-продольная. Вскрыша торфов производилась на глубину 1...1,5 м.

Средняя мощность пласта песков составляет $h_{om} = 6$ м. Литологический разрез россыпи представлен слоями: суглинок с песком – 1 м, галечник с песком и глиной – 2 м, суглинок – 0,5 м, песок с галечником – 2 м, трещиноватый легкоразборный плотик – 0,5 м. Средняя льдистость горных пород $G = 250$ кг / м³. Скрытая теплота кристаллизации воды $L = 93$ Втч / кг. Теплота фазового перехода, $Q_{\phi} = L \times G = 0,093 \times 250 = 23,25$ кВтч / м³. Теплоемкость воды $c_e = 4,187$ кДж / (м³×°С). Коэффициент фильтрации пород $K_{\phi} = 30$ м / сут. Температура нагретой за счет солнечной радиации воды в отстойнике $t_e = + 8$ °С.

Традиционные схемы подготовительных работ, предусмотренные рабочим проектом без учета природно-климатических и специфических горно-геологических условий, предопределили хронический дефицит готовых к выемке запасов.

На начало промывочного сезона запасы золотоносных песков на участках №1 и №2 были предохранены от сезонного промерзания затоплением, а на участке №3 – пески не предохранялись от сезонного промерзания и перешли из разряда готовых к выемке в разряд

подготовленных, то есть на 100 % стали мерзлыми. Размеры участка №3: длина – $L_{\phi} = 450$ м, ширина – $L = 70$ м, площадь $S = 31\,500$ м², объем подготавливаемых к оттайке песков – $V_{om} = 189\,000$ м³.

Время отработки участков №1 и №2 (или время для подготовки и оттаивания участка №3) при существующей производительности драги составляет $t_{om} = 86$ сут. При естественном солнечно- радиационном оттаивании мерзлые пески мощностью $h_{om} = 6$ м будут оттаивать и перейдут в разряд готовых к выемке лишь в течение трех лет.

Вместе с тем, если внедрить более интенсивный комбинированный взрывогидравлический фильтрационно-дренажный способ оттаивания мерзлых пород (ВГФДО) на участке №3, то оттайку мерзлых пород можно осуществить за нормативный срок, т.е. за $\tau = 86$ сут.

Для этого вдоль участка россыпи послойно создают бульдозерами питающую канаву 1 длиной $L_{\kappa} = 450$ м, от нее перпендикулярно на расстоянии друг от друга $b = 10$ м – оросительные поперечные канавы 2, длина которых на 7 м короче ширины участка №3. Глубина питающей и оросительных канав одинаковая $h_{\kappa} = 0,5$ м.

Дренажная канава создается с помощью взрыва на выброс глубиной $h_{\delta} = 4$ м.

Объем извлекаемой породы из питающей и оросительных канав ($V_{кан}$, м³) определяется по формуле

$$V_{кан} = b_{кан} \times h_{кан} \times L_{кан}, \quad (3.93)$$

где $b_{кан}$ – средняя ширина канавы, м;

$h_{кан}$ – глубина канавы, м;

$L_{кан}$ – суммарная длина канав, м.

Тогда $V_{кан} = 3,0 \times 0,5 \times (63 \times 10 + 450) = 1\,620$ м³.

Общая площадь поверхности, занимаемой канавами ($F_{кан}$, м²), определяется по формуле

$$F_{кан} = V_{кан} / h_{кан}. \quad (3.94)$$

Тогда площадь, занимаемая канавами, составит:

$$F_{кан} = 1620 / 0,5 = 3\ 240\ \text{м}^2.$$

Для производительной работы бульдозера необходимо обеспечить нормативную площадь талой породы $F_{тал} = 3\ 000 \dots 3\ 500\ \text{м}^2 / \text{смену}$.

Необходимое количество бульдозеров занятых на проходке канав (N , шт.), определяется по формуле

$$N = F_{кан} / F_{тал}. \quad (3.95)$$

Тогда число бульдозеров на проходке канав составит:

$$N = 3\ 240 / 3\ 240 = 1\ \text{шт.}$$

Время, необходимое для проходки канав, на участке №3 ($\tau_{кан}$, сут) определяется по формуле

$$\tau_{кан} = V_{кан} / (N \times Q_{см} \times n_{см}), \quad (3.96)$$

где $Q_{см}$ – сменная производительность бульдозера, $Q_{см} = 100 \dots 150\ \text{м}^3 / \text{смену}$;

$n_{см}$ – число смен в 1 сут, смен / сут.

Тогда время на проходку канав составит:

$$\tau_{кан} = 1620 / (1 \times 100 \times 3) = 6\ \text{сут.}$$

Приняв начало работ по проходке канав на 15 апреля, после перехода среднесуточной температуры от «-» к «+», канавы будут готовы для эксплуатации уже к 21 апреля.

Для создания дренажной канавы вдоль продольной стороны участка №3 пробуривают станком шнекового бурения БТС-150, СВБ или СБР-160 ряд взрывных скважин глубиной $L_{скв.д} = 4,0\ \text{м}$ на расстоянии 4,5 м друг от друга в количестве $N_{скв.д} = 100\ \text{шт.}$, которые врываю на выброс.

В оросительных канавах вдоль оси на расстоянии $a = 4,5\ \text{м}$ друг от друга пробуривают взрывные скважины 3 диаметром $d_{скв} = 0,2\ \text{м}$ и глубиной $L_{скв} = 4,0\ \text{м}$.

Общий объем буровых работ по участку №3 ($V_{\bar{o}}$, м погонной длины) определяется по формуле

$$V_{\bar{o}} = (N_{\text{скв}} \times n_{\text{ряд}} \times L_{\text{скв}}) + (N_{\text{скв.д}} \times L_{\text{скв.д}}), \quad (3.97)$$

где $N_{\text{скв}}$ – количество взрывных скважин в ряду оросительной канавы, $N_{\text{скв}} = (L - 7) / a = (70 - 7) / 4,5 = 14$ шт.;

$n_{\text{ряд}}$ – число рядов взрывных скважин (число оросительных канав), $n_{\text{ряд}} = (L_{\text{ф}} - 10) / b = (450 - 10) / 10 = 44$ ряда.

Тогда $V_{\bar{o}} = (14 \times 44 \times 4,0) + (100 \times 4,0) = 2\ 864$ м погонной длины или 716 взрывных скважин 4-метровой глубины.

Время бурения скважин на участке №3 ($T_{\bar{o}}$, сут) зависит от производительности бурового станка:

$$T_{\bar{o}} = V_{\bar{o}} / (П_{\bar{o}} \times n_{\text{см}}), \quad (3.98)$$

где $П_{\bar{o}}$ – производительность бурового станка, $П_{\bar{o}} = 150$ м / смену;

n – количество смен в 1 сут, смен / сут.

Тогда $T_{\bar{o}} = 2864 / (150 \times 3) = 6$ сут.

Величина скважинного заряда ВВ (Q , кг) на выброс при создании дренажной траншеи определяется по формуле

$$Q = q \times W^3, \quad (3.99)$$

где q – удельный расход ВВ при взрыве на выброс, для вязких мерзлых пород принимаем $q = 1,0$ кг / м³;

W – линия наименьшего сопротивления, м:

$$W = 2h_{\text{от}} / 3. \quad (3.100)$$

Тогда $W = 2 \times 6 / 3 = 4$ м.

$Q = 1,0 \times 4^3 = 64$ кг.

Расход ВВ на проходку дренажной траншеи определяется по формуле

$$Q_{\text{ВВ}} = Q \times N_{\text{скв.д}}. \quad (3.101)$$

Тогда $Q_{\text{ВВ}} = 64 \times 100 = 6400$ кг.

Фильтрационные каналы (зоны проницаемости) 9 (см. рис. 3.4) создаются путем камуфлетного взрывания зарядов ВВ 6, помещаемых в скважины на глубине $2h_{от} / 3 = 4,0$ м.

Масса котлового заряда рыхления (Q_k) определяется по формуле (3.83)

$$Q_k = 1,0 \times 2 \times 4^3 / 3 = 43 \text{ кг.}$$

Диаметр котла (D_k , м) определяется по формуле (3.84)

$$D_k = 1,24 \times \sqrt[3]{43/900} = 0,45 \text{ м.}$$

Масса прострелочного заряда ($Q_{пр}$) для создания фильтрационного канала радиуса (R_l) определяется по формуле (3.85)

$$Q_{пр} = 43 / (0,0043 \times 900) = 11 \text{ кг.}$$

Расход ВВ для создания фильтрационных каналов

$$Q_{ф.к.} = Q_{пр} \times N_{скв} \times n_{ряд} = 11 \times 14 \times 44 = 6776 \text{ кг.}$$

Общий расход ВВ на проходку дренажной канавы и создание фильтрационных каналов ($Q_{зар}$, кг) определяется по формуле

$$Q_{зар} = Q_{ВВ} + Q_{ф.к.} \quad (3.102)$$

$$\text{Тогда } Q_{зар} = 6400 + 6776 = 13176 \text{ кг.}$$

В качестве ВВ используется патронированный аммонит 6ЖВ и Граммонит 79/21. Аммонит 6ЖВ применяется для изготовления боевиков массой 1 кг.

Боевики изготавливаются на месте работ и помещаются в скважину после основного заряда ВВ. В качестве забойки используется мелкий песок и буровая мелочь. Заряды ВВ взрывают с помощью детонирующего шнура, инициирование которого осуществляется электродетонатором.

Для оттаивания мерзлого массива используется вода, предварительно нагретая в расположенном выше отстойнике за счет солнечной радиации, до температуры $+10...15$ °С. При этом воду подают одновременно, как по питающей и оросительным канавам, так и по фильтрационным каналам, созданным на глубине 4,0 м в массиве мерзлых горных пород, что позволяет

интенсифицировать процесс оттаивания массива, особенно в нижней его части, у плотика.

Необходимое время оттаивания для оттаивания участка №3 (τ_{om} , сут) определяется с учетом затрат времени на подготовку ($T_{под}$, сут) – на бурение скважин, взрывание зарядов ВВ и проходку канав:

$$\tau_{om} = \tau - T_{под}. \quad (3.103)$$

Тогда $\tau_{om} = 86 - 6 = 80$ сут.

Радиус фильтрационного канала определяется по формуле (3.79)

$$R_1 = \sqrt{2,46^2 - (4,5/2)^2} = 1,0 \text{ м.}$$

Радиус зоны взрывогидравлического оттаивания мерзлых горных пород (R_2), определяется по формуле (3.76)

$$R_2 = 1,0 \times \sqrt{30 \times 8 \times 4,187 \times 80 \times 0,55 / [63(0,093 \times 250 + 5 \times 0,7)] + 1} = 5,2 \text{ м.}$$

Теоретически возможная глубина оттаивания мерзлых горных пород при ВГФДО за 80 сут определяется по формуле (3.90)

$$h_{om} = [58 \times 1920 \times 8 \times \sqrt{(4 \times 1,25 \times 4)} / (25830 \times 63)] + 2 \times 5,2 = 2,45 + 10,4 = 12,85 \text{ м.}$$

Вода подается самотеком из вышерасположенного отстойника в питающую и оросительные канавы, откуда за счет сил гравитации поступает в зоны проницаемости через скважины и, отдавая тепло мерзлым породам, дренирует в дренажную канаву. Температура воды на выходе в дренажной выработке составила 4...5 °С.

Основные показатели взрывогидравлического фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых пород на участке №3 дражной разработки приведены в табл. 3.24

Таблица 3.24

**Основные показатели взрывогидравлического
фильтрационно-дренажного оттаивания пород**

Параметры, виды работ, затраты	Ед.изм.	Величина
--------------------------------	---------	----------

Мощность оттаиваемой россыпи	м	6,0
Длина фильтрационных каналов	м	63,0
Расстояние между фильтрационными каналами	м	10,0
Глубина взрывных скважин от поверхности земли	м	4,0
Расстояние между скважинами в ряду	м	4,5
Величина заряда в скважине	кг	11,0
Общее количество взрываваемых скважин	шт	716,0
Объем бурения	м погонной длины	2 864,0
Общий расход ВВ	кг	13 176,0
Объем ГПР по проведению фильтрационно-дренажных канав	м ³	1 620,0
Объем оттаиваемой горной массы на участке	тыс. м ³	189,0
Теоретически возможная глубина оттаивания пород	м	12,85

Задание для самостоятельной работы №9

1. Выполнить расчет взрывогидравлического фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых горных пород согласно табл. 3.25.
2. Определить максимальную теоретически возможную глубину оттаивания мерзлых пород при применении взрывогидравлического фильтрационно-дренажного способа.
3. Выполнить анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

Таблица 3.25

Исходные данные для расчета взрывогидравлического фильтрационно-дренажного оттаивания

Номер варианта	Длина участка, м	Мощность пласта песков, м	Ширина участка, м	Коэффициент фильтрации, м / сут	Время подготовки, сут	Льдистость, кг/м ³	Температура воды, °С	Удельная теплоемкость пород, кДж/кг°С
1	410	10	60	35	100	230	+ 5	0,80

2	420	8	65	40	80	240	+ 6	0,72
3	390	11	55	45	90	250	+ 7	0,75
4	380	9	70	50	70	210	+ 8	0,90
5	400	5	65	55	90	260	+ 9	0,66
6	385	7	75	38	70	220	+ 10	0,65
7	425	4	80	43	75	240	+ 11	0,85
8	395	5	55	48	85	270	+ 11	0,70
9	430	8	60	52	90	220	+ 12	0,81
10	435	9	70	57	100	200	+ 8	0,77
11	440	7	80	32	70	190	+ 9	0,68
12	405	6	75	60	60	180	+ 10	0,63

Остальные недостающие исходные данные принять для всех вариантов одинаковыми из примера №9.