ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации

по оценке допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий на осваиваемых территориях Западной Сибири



Москва 1987

gost.e-ecolog.ru

Производственный и научно-исследовательский институт
по инженерным изысканиям в строительстве
(ПНИИИС) Госстроя СССР

Рекомендации

по оценке допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий на осваиваемых территориях Западной Сибири

Москва Стройиздат 1987

УДК 624.139(571.1)

Рекомендовано к изданию решением секции по инженерно-геокриологическим исследованиям Научно-технического совета ПНИИИС Госстроя СССР.

Рекомендации по оценке допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий на осваиваемых территориях Западной Сибири/ПНИИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 40 с.

Приведена типизация основных техногенных нарушений природных условий при наземном строительстве. На основе специального геокриологического районирования территории проведен количественный прогноз изменения природных условий, не приводящих к многолетнему протаиванию или промерзанию грунтов. В результате прогноза составлены региональные таблицы с оценкой допустимых при освоении изменений мерзлотно-грунтовых условий в пределах различных геокриологических зон и районов.

Для инженеров-геологов, геокриологов, проводящих изыскания в районах распространения вечномерзлых грунтов.

Табл.10, рис.10

Р 3202000000 – 313 Инструкт.-нормат., 1 вып. – 97 – 86

047(01) – 87

© Стройиздат, 1987

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инженерно-геокриологическая оценка районов перспективного освоения должна давать информацию, необходимую для решения задач, связанных с рациональным размещением строительных площадок, обоснованием принципа использования мерзлого основания, выбором конструктивных решений и технологического режима эксплуатации сооружений, охраны окружающей среды. Для успешного решения перечисленных вопросов необходима не только оценка сложности территории в естественных условиях, но и общая прогнозная характеристика изменения условий как в процессе строительства, так и в эксплуатационный период.

Целью настоящих Рекомендаций является разработка на основе существующих прогнозных методик оперативных количественных методов определения изменения естественных условий, приводящих к коренной перестройке геокриологической обстановки – многолетнему протаиванию пород на мерзлых участках или многолетнему промерзанию таликовых зон.

Рекомендации включают методические разделы, в которых обосновывается выбор исходных данных, необходимых для количественной оценки изменения мерзлотно-грунтовых условий при освоении территории, кратко рассматриваются основные виды нарушений естественной природной обстановки при наземном строительстве и приводится методика определения допустимых пределов изменения естественных условий при наиболее простых и типичных видах техногенных нарушений.

В заключительном разделе на основе специального инженерно-геокриологического районирования территории приведены количественные пределы допустимых изменений мощности снежного покрова на нарушенных при освоении участках, глубин искусственных водоемов, карьеров и выемок, глубин сезонного протаивания и др.

Количественная характеристика допустимых изменений природных условий для области распространения вечномерзлых грунтов Западной Сибири проведена впервые. Расчетные параметры сопоставлялись с результатами многолетних исследований ПНИИИС, проводившихся в районах интенсивного хозяйственного освоения, и показали удовлетворительную сходимость.

Выявленные количественные пределы возможности возникновения процессов многолетнего промерзания и протаивания грунтов для севера Западной Сибири должны быть широко использованы при выработке количественных мер инженерной защиты территории в развитие ряда существующих, преимущественно качественных разработок.

Рекомендации разработаны ПНИИИС Госстроя СССР (кандидаты геол.-минерал. наук И.Л.Кузнецова, С.Ю.Пармузин, инж. Н.П.Рогатина; в проведении расчетов и обработке полученных результатов принимал участие инж. А.А.Савушкин).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации распространяются на интенсивно осваиваемую территорию севера Западной Сибири, расположенную в области развития вечномерзлых грунтов.

1.2. Под допустимыми изменениями мерзлотно-грунтовых условий при техногенных нарушениях естественной природной обстановки (в дальнейшем допустимые пределы) в Рекомендациях понимаются коренные изменения геокриологических условий, не приводящие к многолетнему протаиванию вечномерзлых и промерзанию талых грунтов.

1.3. В Рекомендациях не указывается, к развитию каких конкретных физико-геологических процессов может привести превышение допустимых пределов. Инженерный прогноз возможности развития и интенсивности проявления того или иного физико-геологического процесса (термокарста, пучения, термоэрозии, солифлюкции, морозобойного растрескивания и т.д.) при превышении приведенных в Рекомендациях допустимых пределов проводится по принятым методикам [1, 3].

1.4. Расчет допустимых пределов проведен для инженерно-геокриологических участков с равнинным рельефом. Оценка допустимых пределов на участках склонов требует индивидуального подхода и в Рекомендациях не рассматривается.

1.5. Расчет допустимых пределов проводился по средним многолетним климатическим данным, влияние динамики климата на изменение геокриологических условий территории в работе не рассматривается.

2. НАРУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ НАЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

2.1. Любые прогнозные оценки требуют исходной информации о составе, свойствах отложений, температурном режиме воздуха, характере напочвенных покровов и т.д. Строительство и эксплуатация сооружений неизбежно сопровождаются нарушением естественного природного комплекса, приводят к изменению условий теплообмена на поверхности почвы. При этом возникают новые граничные условия, значение которых определяется конкретными видами и характером техногенных нарушений. От точности задания новых граничных условий во многом зависит точность геокриологического прогноза.

2.2. При хозяйственном освоении области распространения вечномерзлых грунтов основными нарушениями естественных условий, которые могут приводить к многолетнему протаиванию отложений, являются: частичное или полное удаление растительного покрова; изменение условий снегонакопления; планировка местности; сооружение карьеров, выемок; увеличение глубины протаивания за счет изменения альбедо поверхности; осушение грунта сезонноталого слоя; создание искусственных водоемов; воздействие постоянных или временных источников тепла.

2.3. На участках распространения талых грунтов основными нарушениями, которые могут приводить к многолетнему промерзанию отложений, являются: уменьшение мощности или увеличение плотности снега; удаление кустарниковой или древесной растительности; осушение естественных или искусственных водоемов; создание завалов из мха, дерна; затенение поверхности в теплый период; воздействие теплопоглощающих сооружений.

2.4. Виды нарушений, вызванных определенными инженерными воздействиями, сопровождаются возникновением сопутствующих нарушений. Так, например, при удалении растительного покрова уменьшается альбедо поверхности, что приводит к повышению среднелетней и среднегодовой температуры грунта $t_{ср}$. Одновременно увеличивается отепляющее влияние инфильтрации атмосферных осадков. В то же время уничтожение растительности сопровождается увеличением плотности и сокращением мощности снежного покрова, что приводит к понижению среднегодовой температуры грунта. Вклад каждого из перечисленных факторов в формирование $t_{ср}$ разли-

чен, поэтому совместное влияние всех видов нарушений природных условий может в ряде случаев приводить как к повышению $t_{ср}$ и глубин протаивания, так и к их уменьшению и, соответственно, к различному влиянию на криогенные процессы.

2.5. Техногенные воздействия могут носить разовый и кратковременный характер, осуществляться периодически или действовать постоянно в течение всего срока эксплуатации сооружений. Большое значение имеет площадь, на которую распространяется нарушение поверхностных условий. При незначительных размерах нарушенных участков при определении $t_{ср}$ следует учитывать трехмерность температурного поля грунтов (боковое воздействие прилегающих участков, отличающихся по значению $t_{ср}$). Основные особенности формирования температурного поля грунтов при локальных нарушениях поверхностных условий заключаются в следующем: а) максимальное различие среднегодовой температуры грунта в естественных и нарушенных условиях отмечается под центром нарушения. По мере удаления от нарушенного участка среднегодовая температура грунта приближается к естественной; б) чем больше различие температур на поверхности нарушенного участка и в естественных условиях, тем больше среднегодовая температура грунтов в зоне влияния нарушения отличается от естественной; в) чем больше площадь нарушения, тем его влияние на среднегодовую температуру грунта больше.

2.6. Обработка результатов расчетов температурных полей, выполненных по методу Д.В.Редозубова, позволила определить область теплового влияния нарушений в зависимости от их размеров l и разности среднегодовых температур поверхности почвы в нарушенных t_1 и естественных t_0 условиях (рис.1).

2.7. Зависимость между разностью среднегодовых температур на поверхности нарушенного участка t и на любой глубине под его центром $t_{ср}$ от разности t_1 и t_0 носит линейный характер. Это позволяет определить среднегодовую температуру грунтов под центром нарушения из соотношения:

$$t_{ср} = t_1 - k(t_1 - t_0), \qquad (1)$$

где k – коэффициент, зависящий от ширины полосы нарушения l и глубины h, на которой определяется $t_{ср}$.

В табл.1 приведены значения коэффициента k для некоторых фиксированных глубин h под центром нарушенного участка в зависимости от ширины полосы нарушения l:

Таблица 1

Глубина h, м	Ширина зоны нарушения	
	l = 5–50 м	l = 50–200 м
6	$k = 0{,}841\, e^{-0{,}038 l}$	$k = 0{,}221\, e^{-0{,}0086 l}$
8	$k = 0{,}891\, e^{-0{,}032 l}$	$k = 0{,}282\, e^{-0{,}009 l}$
10	$k = 0{,}899\, e^{-0{,}0262 l}$	$k = 0{,}374\, e^{-0{,}01 l}$

Таким образом, для прогноза среднегодовой температуры грунтов в полосе определенной ширины (например, под трассой грунтовой дороги) необходимо знать среднегодовую температуру поверхности грунтов в естественных t_0 и нарушенных t_1 условиях и ширину зоны нарушения l.

2.8. В зависимости от размеров полосы нарушения и соотношения температур на поверхности нарушенного участка и в естественных условиях можно выделить три типа нарушений (рис.2):

I) Нарушения не сказываются на изменении среднегодовой температуры грунта, т.е. среднегодовая температура грунта на глубине 10 м под центром нарушения отличается от среднегодовой температуры грунта в естественных

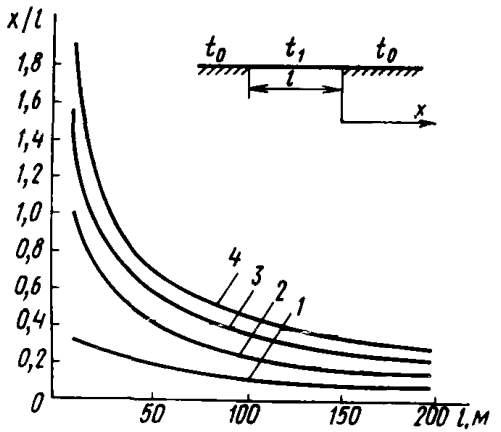


Рис.1. Зависимость размеров зоны теплового влияния техногенных нарушений x от ширины полосы нарушения l
1 – $|t_1 - t_0| = 1^oC$; 2 – $|t_1 - t_0| = 2^oC$; 3 – $|t_1 - t_0| = 3^oC$; 4 – $|t_1 - t_0| = 4^oC$

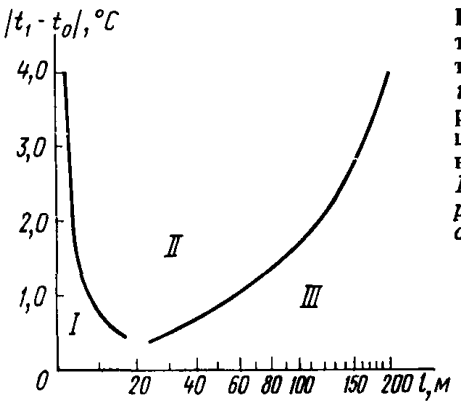


Рис.2. Области теплового влияния техногенных нарушений в зависимости от размеров нарушенного участка l и разности среднегодовых температур поверхности грунтов в нарушенных t_1 и естественных t_0 условиях
I – $t_{ср}$ под центром нарушения равна $t_0 \pm 0{,}2^oC$; II – $t_{ср}$ изменяется от t_0 до t_1 ; III – $t_{ср} = t_1 \pm 0{,}2^oC$

условиях не более чем на $\pm 0{,}2^oC$ (точность полевого определения температуры грунтов). Для этих нарушений среднегодовая температура грунтов принимается равной ее значению в естественных условиях.

II) Среднегодовая температура грунтов на глубине 10 м под центром нарушенного участка лежит в диапазоне от ее значения в естественных условиях до температуры на поверхности нарушенного участка (с точностью $\pm 0{,}2^oC$). Для этого типа нарушений значение среднегодовой температуры грунтов определяется по формуле (1) при известном значении t_0 и рассчитанной для конкретного типа нарушения (удаления растительного покрова, изменения условий снегонакопления и т.д.) величине t_1.

III) Среднегодовая температура грунтов на глубине 10 м под центром нарушенного участка отличается от ее значения на поверхности нарушения не более чем на $\pm 0{,}2^oC$, т.е. температура грунтов в естественных условиях не оказывает влияния на среднегодовую температуру грунта под центром нарушения. Расчет среднегодовой температуры грунтов производится без учета влияния естественного фона температур t_0.

Первый случай возможен при небольших площадях нарушенных участков и малом отличии температур грунтов в естественных и нарушенных условиях. Третий – при большой площади нарушений и также при незначительном перепаде температур в естественных и нарушенных условиях.

2.9. В том случае, когда t_0 и t_1 имеют разные знаки (т.е. когда при техногенных нарушениях началось многолетнее промерзание или протаивание грунтов) по пп. 2.6–2.8 определяется область, в пределах которой начавшийся процесс сказывается на изменении температурного поля грунтов.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕРЗЛОТНО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ

3.1. Необходимыми для количественной оценки допустимых пределов параметрами являются: состав и свойства отложений, вовлеченных во взаимодействие с инженерными сооружениями; верхние граничные условия – радиационный баланс, температурный режим воздуха, характер и свойства естественных напочвенных покровов, условия снегонакопления; характер изменения перечисленных параметров при конкретных техногенных воздействиях.

3.2. Параметры свойств грунтов, необходимые для расчета (естественная и суммарная влажность талых и мерзлых грунтов, их объемная масса, относительные осадки при протаивании и т.д.), определяются в процессе проведения инженерно-геокриологической съемки и изысканий. Теплофизические свойства грунтов определяются полевыми, лабораторными методами или по СНиП II–18–76. При многослойном геологическом разрезе используются средневзвешенные показатели свойств.

3.3. Среднегодовую температуру грунтов, глубины сезонного промерзания и протаивания рекомендуется определять по методике В.П.Чернядьева [4], согласно которой исходными данными для расчета, помимо перечисленных в п. 3.2, являются: сумма среднемесячных температур поверхности изоляции теплого $\Sigma t^{т}$ и холодного $\Sigma t^{х}$ периодов, продолжительность этих периодов $\tau_л$, $\tau_з$, величина термических сопротивлений напочвенного растительного покрова в летний $R_л$ и зимний $R_з$ период, термическое сопротивление снега $R_{сн}$ и искусственной теплоизоляции $R_{из}$.

3.4. При расчете $t_{ср}$ и глубин СТС и СМС $\Sigma t^{х}$ принимается равной сумме среднемесячных зимних температур воздуха. В зависимости от характера и сплошности растительности $\Sigma t^{т}$ соответствует или сумме среднемесячных положительных температур воздуха $\Sigma t_1^{т}$ (лес, кустарники и т.д.), или сумме среднемесячных температур оголенной поверхности грунта $\Sigma t_2^{т}$ (тундра, болота, нарушенные освоением участки). Значения $\Sigma t_1^{т}, \Sigma t_2^{т}, \Sigma t^{х}, \tau_л$ приведены на карте верхних граничных условий (рис. 3). Изотермы $\Sigma t_1^{т}$, проведенные через 10^{o}, почти в точности повторяют границы природных зон севера Западной Сибири: арктической тундре соответствует $\Sigma t_2^{т}$ =10–20°С, кустарничково-кустарниковой тундре $\Sigma t_1^{т} = 20$–30^{o}, лесотундре $\Sigma t_1^{т} = 30$–40^{o} и северной тайге – 40–50^{o}.

3.5. Термические сопротивления напочвенных покровов и теплоизоляции R выражаются через их мощность h и коэффициент теплопроводности λ:

$$R = h/\lambda .$$

3.6. Коэффициент теплопроводности снега $\lambda_{сн}$ в зависимости от его плотности $\rho_{сн}$, кг/м³, определяется по формуле А.К. Проскурякова:

$$\lambda_{сн} = 0{,}021 + 1{,}01 \cdot 10^{-3} \rho_{сн} \ [\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})] .$$

3.7. Мощность и плотность снежного покрова рекомендуется определять по результатам снегомерных съемок и стационарных наблюдений. Для корректировки разновременных наблюдений следует использовать данные ВСЕГИНГЕО [1] по типизации условий снегонакопления в различных природных микрорайонах в зависимости от нормы количества снега – $Д_0$ (см. рис. 3) ($Д_0$ – количество выпадающего снега, равное произведению его мощности на плотность в условиях, исключающих ветровое перераспределение).

3.8. Для приближенного определения $h_{сн}$ рекомендуется использование типизированных связей снегообильности природных микрорайонов, их рельефа и характера растительности (рис. 4 и табл. 2).

3.9. В техногенных ландшафтах характер снегонакопления существенно изменяется по сравнению с естественными условиями. На основании натурных исследований рекомендуется на плоских незначительных по площади (до 100 м²) нарушенных участках, лишенных растительности, принимать отепляющее влияние снега равным естественным условиям. На обширных

Таблица 2

Условия снегонакопления	Природные зоны			
	арктическая тундра (Σt_2^T=10–20°)	кустарничково-кустарниковая тундра (Σt_1^T= 20–30°)	лесотундра (Σt_1^T= 30–40°)	северная тайга (Σt_1^T= =40–50°)
1	2	3	4	5
Существенно недостаточное (1)	Мохово-лишайниковые тундры	Мохово-лишайниковые и мохово-травяные тундры с редкими низкорослыми кустарничками	–	–
Недостаточное (2)	Осоково-мохово-пушицевые, осково-злаковые, низко-кустарничковые, кустарничково-мохово-лишайниковые ассоциации	Осоково-мохово-пушицевые, кустарничково-осоково-моховые, кустарничково-травяно-моховые, кустарничково-травяные, луговые ассоциации	Кустарничково-мохово-лишайниковые, осоково-мохово-лишайниковые луговые ассоциации	Кустарничково-мохово-лишайниковые осоково-пушицево-сфагновые, осково-злаковые ассоциации
Нормальное (3)	Кустарничковая тундра	Кустарничково-мохово-лишайниковые с кустарниками; кустарничковые на пойме; кустарниковые лишайниково-моховые; редкокустарниковые ассоциации	Осоково-гипновые, мохово-лишайниковые, травяно-моховые болота; кустарничковые, мохово-лишайниковые; кустарниковые ассоциации	Смешанные леса, кустарничково-мохово-лишайниковые и крупнобугристые болота; кустарничковые ассоциации
Избыточное (4)	–	Низкокустарниковая тундра	Кустарничковые мохово-лишайниковые на болотах, кустарниковые ивняково-ерниковые сообщества	Смешанные леса, кустарниково-мохово-лишайниковые болота, кустарниковые ассоциации долин рек, смешанные редины
Существенно избыточное (5)	–	Кустарниковые ассоциации, лиственнично-лишайниковые редколесья	Лиственничные редколесья, березовые редкостойные леса, кустарниковые кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	Кустарниково-лесные ассоциации смешанные леса и редколесья

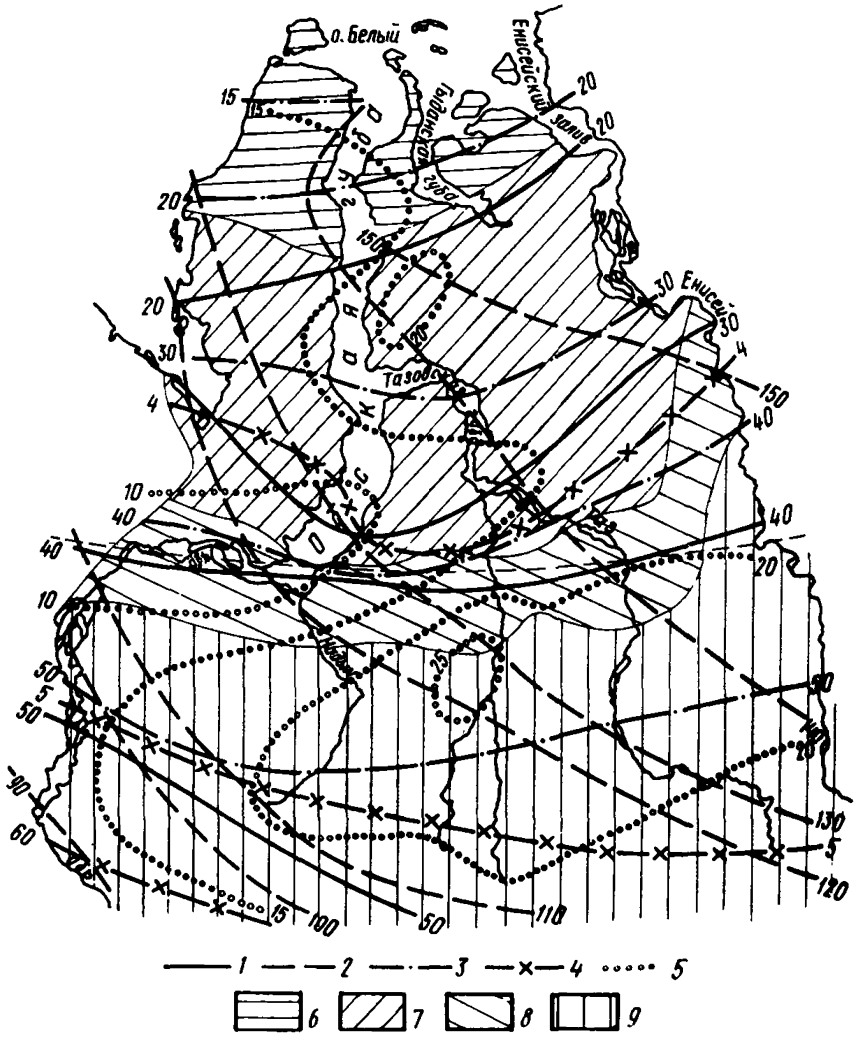


Рис. 3. Картосхема верхних граничных условий (по В. П. Чернядьеву [4]) и природные зоны Западной Сибири

1, 2 – сумма среднемесячных температур воздуха соответственно теплого Σt_1^{τ} и холодного Σt^{x} периодов; 3 – сумма среднемесячных температур оголенной поверхности почвы Σt_2^{τ}; 4 – продолжительность летнего периода τ_{Λ}; 5 – норма количества снега $Д_O$, г/см² (по данным ВСЕГИНГЕО [1]); 6 – арктическая тундра; 7 – кустарничково-кустарниковая тундра; 8 – лесотундра; 9 – северная тайга

по площади ($>$ 100 м^2) нарушенных техногенезом участках, где существенную роль в формировании снежной толщи играет ветровое перераспределение снега, рекомендуется назначать мощность и термическое сопротивление снега (при том же значении $Д_O$), соответствующее классу на 1–2 меньше, чем отмечается в естественных условиях (рис. 4).

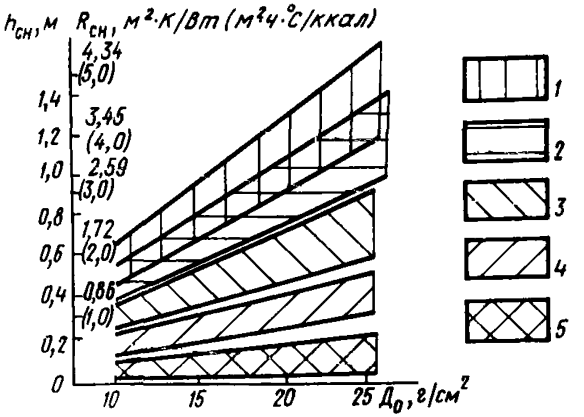


Рис. 4. Зависимость мощности снега $h_{сн}$ и термического сопротивления $R_{сн}$ в различных типах природных микрорайонов от нормы количества снега $Д_0$

1 – небольшие залесенные участки на открытых пространствах, наветренные опушки лесов. Существенно избыточное снегонакопление; 2 – межбугровые понижения, ложбины стока, долины малых водотоков, высокие поймы с обильной растительностью, опушки лесов. Избыточное снегонакопление; 3 – центральные части лесов, вершины залесенных бугров, образующих скопления. Нормальное снегонакопление; 4 – плоские торфяники и поверхности с мелкобугристым микрорельефом. Недостаточное снегонакопление; 5 – крупнобугристые торфяники, бугры пучения, прибровочные участки террас. Существенно недостаточное снегонакопление

3.10. Коэффициенты теплопроводности $\lambda_л$, $\lambda_з$ и соответствующие им термические сопротивления напочвенных покровов в талом $R_т$ и мерзлом $R_з$ состоянии принимаются по табл. 3, обобщающей экспериментальные исследования теплофизических свойств напочвенной растительности [4].

Таблица 3

Индекс	Виды напочвенных покровов	$R_л$	$R_з$	$\lambda_л$	$\lambda_з$
		м² · К/Вт х х (м² · ч · °С/ккал)		Вт/ (м · К) / (м · ч · °С) [(ккал /	
1	2	3	4	5	6
а	Мохово-лишайковые и лишайниково-моховые ассоциации, слабоувлажненные	0,52 (0,6)	0,43 (0,5)	0,2 (0,17)	0,23 (0,2)
б	Осоково-моховые, пушицево-моховые, травяно-моховые с преобладанием сфагнума ассоциации, переувлажненные	0,17 (0,2)	0,08 (0,1)	0,58 (0,5)	1,16 (0,1)
в	Разнотравно-злаковые сообщества	0,34 (0,4)	0,26 (0,3)	0,46 (0,4)	0,58 (0,5)
г	Лесная подстилка в лесах, лишайники, сухие	0,39 (0,45)	0,39 (0,45)	0,17 (0,15)	0,17 (0,15)
д	Осоково-моховые, пушицево-моховые, травяно-моховые ассоциации, увлажненные	0,06 (1,0)	0,52 (0,6)	0,23 (0,2)	0,44 (0,38)

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕРЗЛОТНО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ

4.1. Начало развития процесса многолетнего протаивания отложений возможно при увеличении мощности снега, удалении напочвенного растительного покрова, создании выемок, искусственных водоемов, увеличении мощности СТС. Количественная оценка влияния перечисленных нарушений на возможность многолетнего протаивания грунта производится дифференцированно для двух случаев: а) нарушение поверхностных условий распространено на большую площадь; б) нарушение локализовано. В первом случае при расчетах можно не учитывать осадку при протаивании вечномерзлых грунтов. Во втором случае при увеличении глубины протаивания на незначительных по площади участках за счет осадки оттаивания грунтов в зоне нарушения будут формироваться понижения, которые из-за ветрового перераспределения снега или стока поверхностных вод могут заполняться снегом или водой.

4.2. Допустимое увеличение мощности снежного покрова определяется по критической мощности $h_{кр}$, т.е. такой, при которой среднегодовая температура грунтов становится равной 0°С. Приближенно $h_{кр}$ определяется из положения, что при среднегодовой температуре грунта, равной 0°С, глубина сезонного протаивания $\xi_т$ равна глубине сезонного промерзания $\xi_м$ [1]. Глубина сезонного промерзания равна

$$\xi_м = 1{,}2\left(\sqrt{\frac{2\lambda_м \Sigma t^x 2592}{Q_ф} + R_x^2\lambda_м^2} - R_x\lambda_м\right). \quad (2)$$

Аналогично, при $t_{ср} = 0°С$ глубина сезонного протаивания

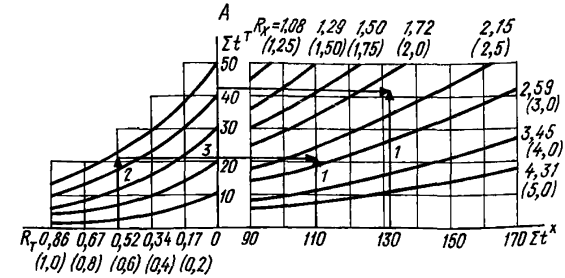
$$\xi_т = \sqrt{\frac{2\lambda_т \Sigma t^т 2592}{Q_ф} + R_т^2\lambda_м^2} - R_т\lambda_т, \quad (3)$$

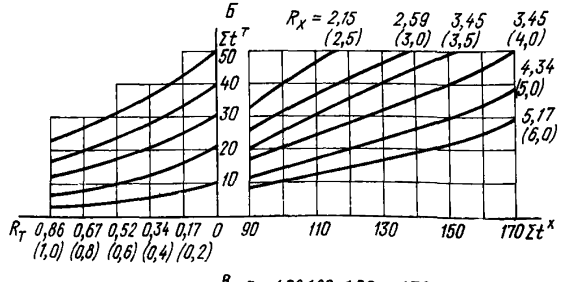
где $\lambda_м$ и $\lambda_т$ – соответственно коэффициенты теплопроводности мерзлого и талого грунта, Вт/(м·К) [ккал/(м·ч·°С)]; $Q_ф$ – теплота фазовых переходов воды, кДж/м³ (ккал/м³), R_x – термическое сопротивление изоляции в холодный период, складывающееся из термического сопротивления искусственной теплоизоляции, если она имеется $R_{из}$ снежного покрова $R_{сн}$, наземной растительности в зимний период $R_з$, м²·К/Вт, (м²·ч·°С/ккал); $R_т$ – термическое сопротивление изоляции в теплый период, складывающееся из термического сопротивления искусственной теплоизоляции, если она имеется $R_{из}$ наземной растительности в летний период $R_л$, м²·К/Вт (м²·ч·°С/ккал).

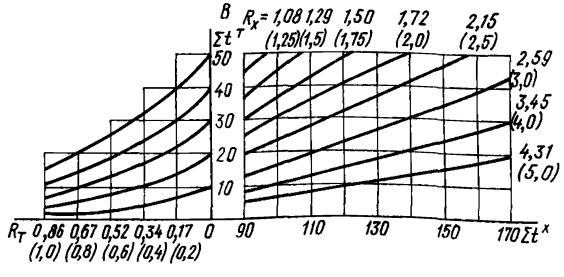
4.3. Совместное решение этих уравнений при $\xi_м = \xi_т$ позволяет определить для любого вида грунта при конкретных значениях $\lambda_м$, $\lambda_т$, Σt^x, $\Sigma t^т$, $R_{из}$, $R_з$, $R_л$, $Q_ф$ критическое значение $R_{сн}^{кр}$. Система уравнений (2 и 3) трансцендентна, поэтому аналитическое решение ее проводится методом подбора, либо графически. Критическая мощность снега $h_{кр}$ определяется при полученном $R_{сн}^{кр}$ в соответствии с п. 3.5. На участках, где в процессе освоения территории создадутся условия, при которых мощность снежного покрова превысит $h_{кр}$, начнется многолетнее протаивание отложений.

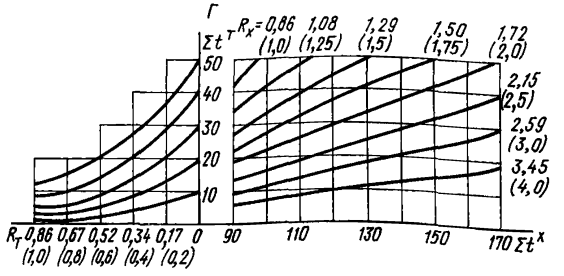
4.4. Для наиболее типичных литологических разновидностей грунтов составлены номограммы, связывающие значения Σt^x, $\Sigma t^т$, $R_т$, R_x (рис. 5). На номограммах приведены значения не критического термического сопротивления снега, а суммы $R_{из}$, $R_з$, $R_{сн}$ поэтому после определения R_x по номограммам из полученного значения необходимо вычесть термические сопротивления искусственной теплоизоляции и напочвенной растительности в холодный период.

4.5. Для оценки возможности удаления напочвенной растительности при заданных значениях $\lambda_м$, $\lambda_т$, $Q_ф$, Σt^x, $\Sigma t^т$ и $R_л = R_з = 0$ по формулам (2) и (3) или рис. 5 определяется критическое термическое сопротивление снега $h_{сн}^{кр}$ и сопоставляется с термическим сопротивлением снега на этом участке в естественных условиях $h_{сн}$. Если полученное зна-


А
R_x=1,08 (1,25) 1,29 (1,50) 1,50 (1,75) 1,72 (2,0) 2,15 (2,5)
Σt^T
50
40
30
20
10
2,59 (3,0)
3,45 (4,0)
4,31 (5,0)
1
2
3
R_T 0,86 (1,0) 0,67 (0,8) 0,52 (0,6) 0,34 (0,4) 0,17 (0,2) 0
90 110 130 150 170 Σt^x


Б
R_x = 2,15 (2,5) 2,59 (3,0) 3,45 (3,5) 3,45 (4,0)
Σt^T
50
40
30
20
10
4,34 (5,0)
5,17 (6,0)
R_T 0,86 (1,0) 0,67 (0,8) 0,52 (0,6) 0,34 (0,4) 0,17 (0,2) 0
90 110 130 150 170 Σt^x


В
R_x= 1,08 (1,25) 1,29 (1,5) 1,50 (1,75) 1,72 (2,0) 2,15 (2,5)
Σt^T
50
40
30
20
10
2,59 (3,0)
3,45 (4,0)
4,31 (5,0)
R_T 0,86 (1,0) 0,67 (0,8) 0,52 (0,6) 0,34 (0,4) 0,17 (0,2) 0
90 110 130 150 170 Σt^x


Г
R_x= 0,86 (1,0) 1,08 (1,25) 1,29 (1,5) 1,50 (1,75) 1,72 (2,0)
Σt^T
50
40
30
20
10
2,15 (2,5)
2,59 (3,0)
3,45 (4,0)
R_T 0,86 (1,0) 0,67 (0,8) 0,52 (0,6) 0,34 (0,4) 0,17 (0,2) 0
90 110 130 150 170 Σt^x

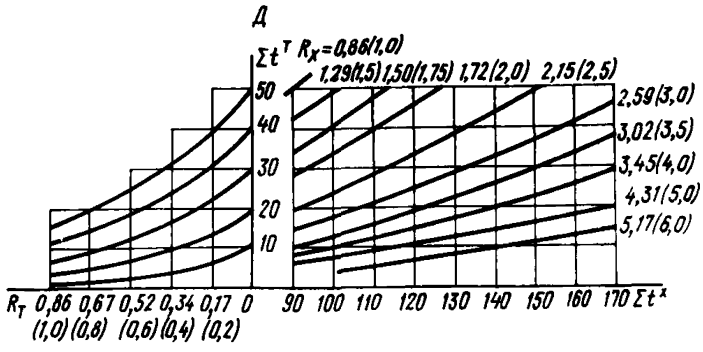


Рис. 5. Номограмма для расчета критических соотношений $\Sigma t^х$, $\Sigma t^т$, $R_т$, $R_х$

А – суглинок, $Q_ф$=104750 кДж/м^3 (25000 ккал/м^3), $\lambda_т$=1,39 Вт/(м · К) [1,2 ккал/(м · ч · °С)], $\lambda_м$=1,62 Вт/(м · К) (1,4 ккал/м · ч · °С); Б – суглинок, $Q_ф$ = 41900 кДж/м^3 (10000 ккал/м^3), $\lambda_т$ =1,39 Вт/(м · К) [1,2 ккал/(м · ч · °С)], $\lambda_м$=1,62 Вт/(м · К) (1,4 ккал/м · ч · °С); В – песок, $Q_ф$=62850 кДж/м^3 (15000 ккал/м^3), $\lambda_т$=2,08 Вт/(м · К) [1,8 ккал/м · ч · °С)], $\lambda_м$ = 2,32 Вт/(м · К) (2,0 ккал/м · ч · °С); Г – песок, $Q_ф$=104750 кДж/м^3 (25000 ккал/м^3), $\lambda_т$ = 2,08 Вт/(м · К) (1,8 ккал/м^3), $\lambda_м$ = 2,32 Вт/(м · К) (2,0 ккал/м · ч · °С); Д – торф, $Q_ф$=209500 кДж/м^3 (50000 ккал/м^3), $\lambda_т$=0,69 Вт/(м · К) [0,6 ккал/(м · ч · °С)], $\lambda_м$ = 1,16 Вт/(м · К) (1,0 ккал/(м · ч · °С)

чение $h_{сн}^{кр} > h_{сн}$, то удаление растительности не приведет к многолетнему протаиванию отложений в том случае, когда $h_{сн}^{кр} < h_{сн}$; при удалении напочвенного покрова возможно многолетнее протаивание грунтов.

4.6. Критическая глубина водоемов $H_{кр}$, т.е. такая, при которой среднегодовая температура донных отложений становится равной 0°С, приближенно рассчитывается по формуле (3)

$$H_{кр} = H_{max}\left(1 + \frac{t_{max}}{t_{min}}\right), \qquad (4)$$

где t_{max} – максимальная среднемесячная температура поверхности воды, 0°С; H_{max} – максимально возможная мощность льда на глубоких водоемах, м; определяется либо по данным натурных наблюдений, либо рассчитывается по формуле (2) при $\lambda_м$ = 2,32 Вт/(м · К) 2 ккал/(м · ч · °С) (коэффициент теплопроводности льда), $Q_ф$ = 335200 кДж/м^3 (80000 ккал/м^3); t_{min} – минимальная среднемесячная температура поверхности льда, °С.

Для того чтобы добиться единообразия в исходных данных, необходимых для расчетов, параметры t_{max} и t_{min} в формуле (4) выражены через сумму температур теплого периода $\Sigma t^т$ и среднегодовую температуру поверхности водоема

$$H_{кр} = H_{max}\left(\frac{4\tau_л |t_в|}{4\tau_л |t_в| + \pi \Sigma t^т}\right). \qquad (5)$$

При приближенных расчетах $t_в$ допускается определять без учета испарения, турбулентного теплообмена и радиационного баланса аналогично определению среднегодовой температуры поверхности грунта, лишенного

растительного покрова ($R_з = R_л = 0$). По формуле (5) составлены номограммы (рис.6)

4.7. Допустимое увеличение глубины сезонного протаивания отложений определяется для двух случаев: а) вечномерзлые грунты, подстилающие СТС, имеют незначительную льдистость и осадку при оттаивании менее 0,1; б) грунты, подстилающие СТС, относятся к категории льдистых и сильнольдистых и относительная осадка при их оттаивании превышает 0,1.

4.8. В первом случае многолетнее протаивание отложений начнется тогда, когда на поверхности почвы создадутся условия, в результате которых глубина сезонного протаивания в нарушенных условиях $\xi_т^н$ ежегодно будет превышать глубину потенциального промерзания $\xi_{пот}$. Под потенциальным промерзанием понимается максимально возможная глубина промерзания грунта, которая могла бы наблюдаться при полном использовании сумм отрицательных температур, если бы отложения находились в талом состоянии. Таким образом, допустимое увеличение глубины сезонного протаивания $\Delta\xi_т$ определяется из выражения

$$\Delta\xi_т \leq \xi_{пот} - \xi_т . \qquad (6)$$

Глубина потенциального промерзания рассчитывается по известным методикам [3] с учетом изменения при хозяйственном освоении поверхностных условий (сохранении или удалении напочвенных растительных покровов, обводнения поверхности и т.д.). Мощность снега назначается в соответствии с пп.3.6–3.9.

4.9. На участках распространения льдистых грунтов при локальных нарушениях поверхностных условий за счет увеличения глубины СТС и протаивания льдистого грунта могут формироваться понижения в рельефе, которые остаются сухими, если отток воды обеспечен, или заполняются водой. Наихудшими с точки зрения возможности многолетнего протаивания грунта являются случаи, когда образовавшиеся понижения полностью заполняются снегом или водой.

4.10. Если понижение, сформировавшееся за счет увеличения глубины сезонного протаивания, остается сухим и полностью заполняется снегом, многолетнее протаивание начнется, когда мощность снега в понижении станет равной критической

$$h_{сн} + S \geq h_{кр} , \qquad (7)$$

где S – величина осадки поверхности грунта, равная глубине сформировавшегося понижения.

Значение S определяется из выражения

$$S = \frac{\Delta\xi_т \delta}{1-\delta} , \qquad (8)$$

где δ – относительная осадка грунта при протаивании, доли единицы; $\Delta\xi_т = \xi_т^н - \xi_т$.

Допустимое увеличение мощности СТС $\Delta\xi_т$ из уравнений (7) и (8) составляет

$$\Delta\xi_т \leq \frac{(h_{кр} - h_{сн})(1-\delta)}{\delta} . \qquad (9)$$

График зависимости $\Delta\xi_т$ от δ и $(h_{кр} - h_{сн})$ приведен на рис.7.

4.11. Зависимость формулы (9) и рис.7 позволяют оценить допустимое увеличение глубины протаивания для случая, когда отток воды из сформировавшегося понижения затруднен и оно полностью заполнено водой. Для этого в формулу (9) вместо ($h_{кр} - h_{сн}$) подставляется рассчитанное по формуле (5) или рис.6 значение критической глубины водоема $H_{кр}$

$$\Delta\xi_т \leq \frac{H_{кр}(1-\delta)}{\delta} \qquad (10)$$

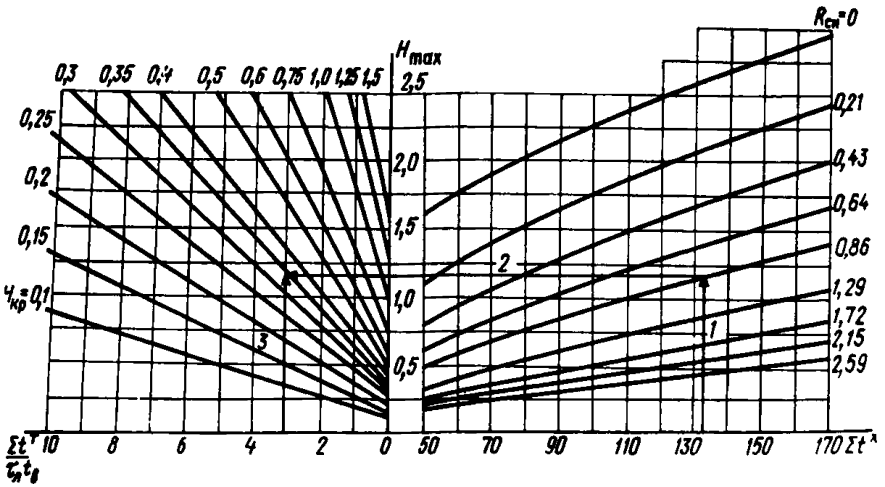


Рис. 6. Номограммы для расчета критической глубины водоема

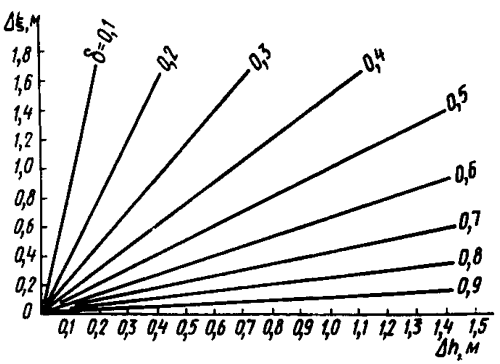


Рис.7. Зависимость допустимого увеличения глубины сезонного протаивания грунтов $\Delta\xi_т$ от приращения мощности снежного покрова ($\Delta h = h_{кр} - h_{сн}$)

4.12. Окончательное назначение допустимого увеличения глубины протаивания производится путем выбора из определенных по формулам (6) и (9) или (6) и (10) наименьшего значения $\Delta\xi_т$.

4.13. Допустимая глубина выемок, карьеров зависит от геокриологической характеристики участка (состава, свойств, среднегодовой температуры грунтов) в естественных условиях и во многом определяется изменением характера снегонакопления после окончания земляных работ. Мощность снега на участках срезки грунта может изменяться в широких пределах – от величин, равных глубине выемки или карьера при полном его заполнении снегом, до мощностей, меньших естественных значений при большой площади участка планировки.

4.14. Многолетнее протаивание грунта (аналогично п.4.3) начнется, когда мощность снежного покрова в выемке или карьере превысит критическое значение $h_{кр}$. Наибольшая вероятность многолетнего протаивания грунтов будет отмечаться, когда в зимний период выемка полностью заполнена снегом. Минимальная глубина выемки $h_в$ в этом случае определяется из соотношения

$$h_в \leq h_{кр} - h_{сн} - S, \qquad (11)$$

где $h_{кр}$ – критическая мощность снега при удаленной напочвенной растительности (п.4.2); $h_{сн}$ – мощность снега в естественных условиях; S – осадка при протаивании грунта основания выемки.

В том случае, когда глубина выемки меньше глубины протаивания в естественных условиях S определяется по формуле

$$S = \frac{[(\xi_н + h_в) - \xi_т]\delta}{1-\delta} . \qquad (12)$$

Если глубина выемки превышает мощность СТС, величина осадки при протаивании равна

$$S = \frac{\xi_н \delta}{1-\delta} . \qquad (13)$$

4.15. На участках развития талых грунтов для приближенных оценок допустимого уменьшения мощности снежного покрова, уменьшения глубин водоемов используются формулы (2), (3), (5) и номограммы рис.5, 6. При мощности снега и глубинах водоемов, меньших полученных расчетом, согласно пп.4.3–4.7, будет отмечаться многолетнее промерзание отложений.

4.16. Допустимая мощность завалов из мха, дерна определяется из уравнений (2), (3) при заданных $\lambda_т$, $\lambda_н$, $Q_ф$, $\Sigma t^т$, $\Sigma t^х$, $R_{сн}$ подбором критических значений термического сопротивления теплоизоляции $R_{из}$.

5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ДОПУСТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕРЗЛОТНО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ В ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ПОРОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

5.1. В разделе на основе специального инженерно-геокриологического районирования севера Западной Сибири обобщены результаты расчетов допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий, выполненные по методике п.4. Количественные пределы приведенных параметров могут быть использованы при среднемасштабных инженерно-геокриологических исследованиях (этап предпроектных проработок).

5.2. Состав, льдистость, относительная осадка при протаивании мерзлых грунтов назначались исходя из закономерностей пространственной изменчивости геолого-генетических комплексов отложений на территории Западной Сибири [2]. Обилие растительных ассоциаций по теплофизическим свойствам напочвенных покровов и снегозадерживающей роли кустарничкового, кустарникового и лесного ярусов с учетом пп.3.8–3.10 объединены в определенное количество видов.

5.3. Допустимые пределы изменения мерзлотно-грунтовых условий зависят от местоположения исследуемого участка и изменяется как с севера на юг, так и в меньшей степени с запада на восток области распространения вечномерзлых пород Западной Сибири.

5.4. Допустимые пределы увеличения мощности снега при сохранении естественного растительного покрова $h'_{кр}$ изменяются от 0,4–1,2 м в северной тайге до 1,2–2,2 м в арктической тундре. Кроме того, эта величина в значительной степени определяется характером напочвенного покрова и составом грунтов (табл.4) и зимним охлаждением поверхности снега $\Sigma t^х$ (табл.5).

5.5. Превышение $h'_{кр}$ в зоне тундр при наиболее распространенных видах техногенных нарушений практически невозможно (соотношение $h_{сн}/h'_{кр} = 1/3 - 1/10$), на юге лесотундровой и в северо-таежной зоне незначительное изменение $h_{сн}$ может привести к промерзанию талых и протаиванию мерзлых пород (соотношение $h_{сн}/h'_{кр}$ на мерзлых участках 1/1,2 – 1/1,5; на талых 1,1/1 – 1,4/1).

5.6. Планируя тот или иной вид инженерной подготовки территории, необходимо оценить, какое нарушение естественной мощности снега в каждом природном микрорайоне оно вызовет, и по табл.10 определить допустимо или нет такое изменение для рассматриваемого участка.

Таблица 4

Природная зона	Состав СТС	$h'_{кр}$, м			$h''_{кр}$, м
		Характер напочвенного покрова[1]			
		а	б	в	отсутствует
Арктическая тундра	Песок	1,9–2,1	–	1,7–2	0,9–1,3
	Суглинок	1,8–2,3	–	1,7–2,3	1–1,5
	Торф	1,9–2,3	1,5–2	2,1–2,4	1,2–1,8
Кустарничково-кустарниковая тундра	Песок	1,3–2	0,9–1,2	1–1,8	0,6–1
	Суглинок	1–1,9	1–1,2	1–1,8	0,7–1,1
	Торф	1,3–1,9	1–1,6	1,1–1,9	0,9–1,3
Лесотундра	Песок	1–1,6	0,9–1,1	0,7–1,1	Н/д[2]
	Суглинок	0,8–1,6	0,9–1	0,7–1,3	Н/д
	Торф	1–1,5	0,9–1,5	1–1,3	0,7–1
Северная тайга	Песок	0,5–1,2	–	–	Н/д
	Суглинок	0,4–1	–	–	Н/д
	Торф	0,5–1,1	–	–	0,3–0,8

[1] Обозначения индексов приведены в табл.3 Рекомендаций.

[2] Недопустимо.

Таблица 5

Состав СТС	$h'_{кр}$					
	Северная тайга, R_A/R_3 = 0,52/0,43 (0,6/0,5)					
	Σt^x, °С					
	90–100	100–110	110–120	120–130	130–140	140–150
Песок	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,8	0,85–0,9	1–1,1	1,1–1,2
Суглинок	0,45–0,5	0,5–0,55	0,6–0,7	0,7–0,75	0,7–0,8	0,85–0,95
Торф	0,55–0,6	0,7–0,75	0,8–0,85	0,85–0,95	0,9–1,05	1–1,1

5.7. При отсутствии напочвенного покрова $h''_{кр}$ уменьшается по сравнению с $h'_{кр}$ в среднем от 0,15–0,2 м на юго-западе – до 0,7–0,9 м – на северо-востоке низменности. На рис.8 *(а, б, в)* для наиболее типичных грунтов региона в виде изолиний приведены значения критической мощности снега при различном термическом сопротивлении напочвенного растительного покрова.

5.8. На участках с избыточным снегонакоплением, свойственным северотаежной зоне и южной части лесотундры, удаление напочвенного покрова приводит к протаиванию мерзлых грунтов и является недопустимым (см. табл.4). Сведение напочвенного покрова на таких участках должно сопровождаться снегорасчисткой или другими мероприятиями инженерной защиты. Зональность защиты возможности многолетнего протаивания вечномерз-

А

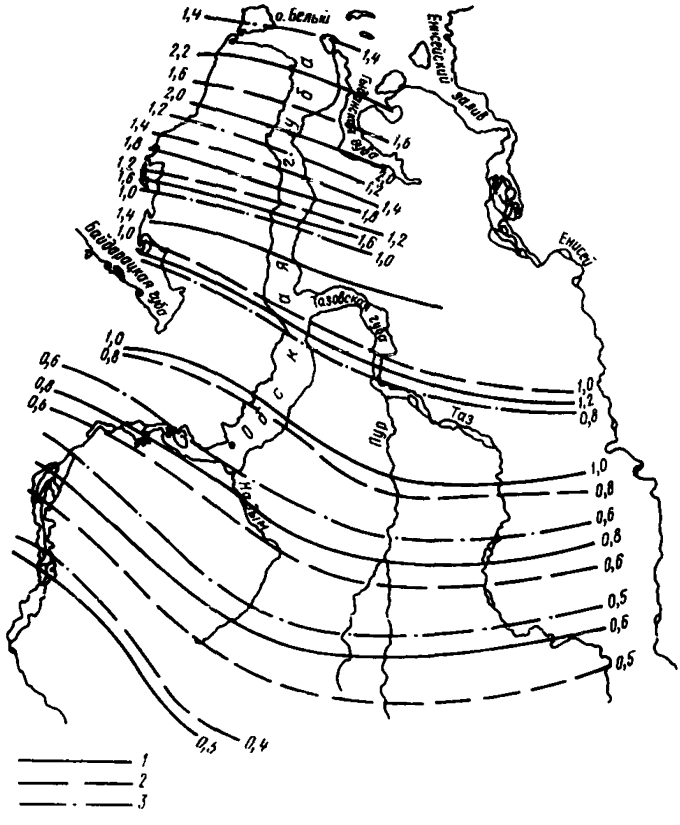


Рис.8. Критическая мощность снежного покрова при различном термическом сопротивлении напочвенного растительного покрова в летний $R_л$ и зимний $R_з$ периоды

1 – $R_л = R_з = 0$; 2 – $R_л$=0,21 м²·К/Вт (0,25 м²·ч·°С/ккал), $R_з$= 0,17 м²·К/Вт (0,2 м·ч·°С/ккал); 3 – $R_л$=0,43 м²·К/Вт (0,5 м²·ч·°С/ккал), $R_з$ = = 0,26 м²·К/Вт (0,3 м²·ч·°С/ккал)

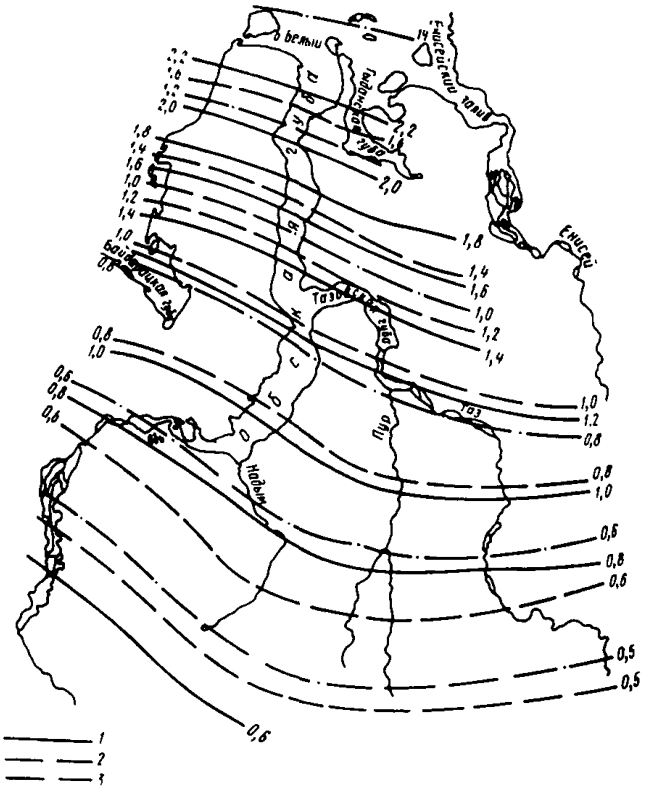
А – на участках распространения суглинистых грунтов; Б – на участках распространения песчаных грунтов; В – на участках распространения торфа (с. 18–20).

лых пород при удалении напочвенного растительного покрова приведена на рис.9.

В зоне *1* удаление растительного покрова не приведет к развитию многолетнего протаивания грунтов даже на участках с избыточным снегонакоплением. В зоне *2* удаление растительного покрова может привести к многолетнему протаиванию грунтов на участках с избыточным и существенно избыточным снегонакоплением (ложбины стока, межбугровые понижения, опушки лесов и др.). В зоне *3* развитие многолетнего протаивания при удалении напочвенной растительности возможно на участках с нормальным снегонакоплением (возвышенные залесенные поверхности). В зоне *4* удаление растительности приводит к многолетнему протаиванию на всех участках, где распространены вечномерзлые грунты (торфяники, бугры пучения).

5.9. Площадная вырубка леса на талых в естественных условиях участках вследствие уменьшения $h_{сн}$ до $h_{сн} < h''_{ир}$ приводит к многолетнему

Б



промерзанию отложений, которое является недопустимым при наличии пучинистых грунтов.

5.10. Допустимые глубины водоема, при которых не происходит многолетнего протаивания мерзлых отложений, закономерно возрастают с юго-запада на северо-восток территории и существенно зависят от условий снегонакопления (табл.6, рис.10, *а, б*).

5.11. Искусственные водоемы широко распространены на осваиваемой территории Западной Сибири. Для подавляющей площади зоны тундр глубины водоемов, как правило, не превышают допустимых значений (см. табл.6) и поэтому многолетнего протаивания отложений не происходит.

5.12. На юге региона, где в естественных условиях наиболее широко распространены участки, характеризующиеся повышенным снегонакоплением, $H_{кр}$ невелика (см. табл.6) и глубины техногенных водоемов, как правило, ее превышают, в результате чего под ними формируются ореолы протаивания.

5.13. Сокращение слоя воды на талых заболоченных участках и болотах до величины $H_{кр}$ приводит к промерзанию пород, что необходимо учитывать при возможном проектировании инженерных сооружений в подобных типах местности.

5.14. Допустимые пределы увеличения глубин протаивания при сохранении естественного растительного покрова $\Delta\xi'$ сокращаются с севера на юг (табл.7), однако эта зональная тенденция существенно сглаживается из-за разнообразия литологического состава и свойств грунтов.

5.15. Допустимые пределы увеличения глубин протаивания при удалении напочвенного покрова $\Delta\xi''$ изменяются с севера на юг менее существенно. На юге территории в условиях существенно избыточного, избыточного, а в

В

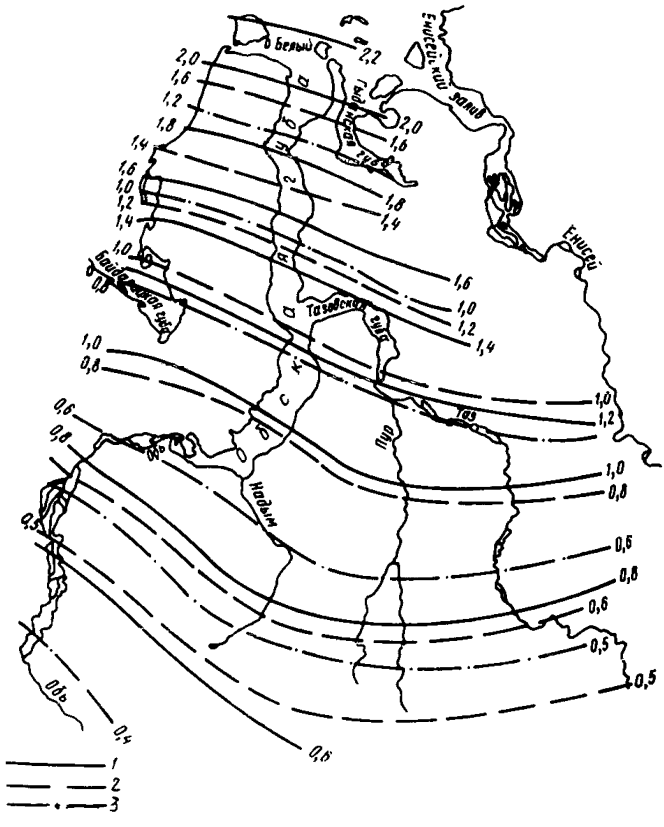


Таблица 6

Природные зоны	$H_{кр}$				
	Условия снегонакопления[1]				
	1	2	3	4	5
Арктическая тундра	1,1–1,4	0,6–0,9	0,2–0,6	–	–
Кустарничково-кустарниковая тундра	0,9–1,3	0,4–0,8	0,2–0,5	0,1–0,3	–
Лесотундра	0,5–0,6	0,3–0,4	0,1–0,25	0,1	0,05
Северная тайга	–	0,1–0,2	0,05–0,15	0,05	Н/д[2]

[1] Обозначения индексов приведены в табл.2.

[2] Недопустимо.

некоторых случаях и нормального снегонакопления рассматриваемое нарушение естественной природной обстановки является недопустимым.

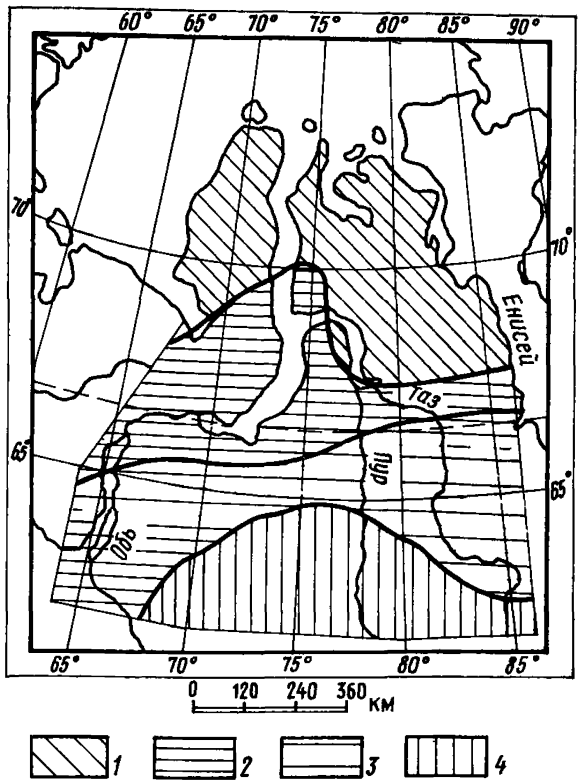


Рис. 9. Карта районирования севера Западной Сибири по потенциальной возможности многолетнего протаивания грунтов при удалении растительного покрова *1–4 – номера зон (пояснения в п.5.8)*

Таблица 7

Поверхностные условия[1]	Состав СТС	$\Delta\xi'$			
		Арктическая тундра	Кустарничково-кустарниковая тундра	Лесотундра	Северная тайга
2б	Торф	0,8–1,1	0,7–0,9	0,4–0,7	0,1–0,4
2в	Пески Суглинки Торф	1,5–2 1,4–1,7 0,7–0,9	1,4–1,9 1,1–1,5	0,9–1,4 0,8–1,2 0,4–0,7	0,2–0,4 0,3–0,6 –
3б	Торф	–	0,4–0,7	0,2–0,6	–
3в	Пески Суглинки Торф	1–1,2 1–1,1 –	0,8–1 0,7–0,9 0,4–0,7	0,4–0,6 0,4–0,7 0,2–0,6	$\leq$ 0,1 0,1–0,3 –

[1] Обозначения индексов приведены в табл.2 и 3.

5.16. Обводнение просадочных понижений частое явление в техногенных ландшафтах Западной Сибири. Допустимое превышение глубин протаивания $\Delta\xi'''$ при этом значительно меньше $\Delta\xi''$ и $\Delta\xi'$ (см. табл.10).

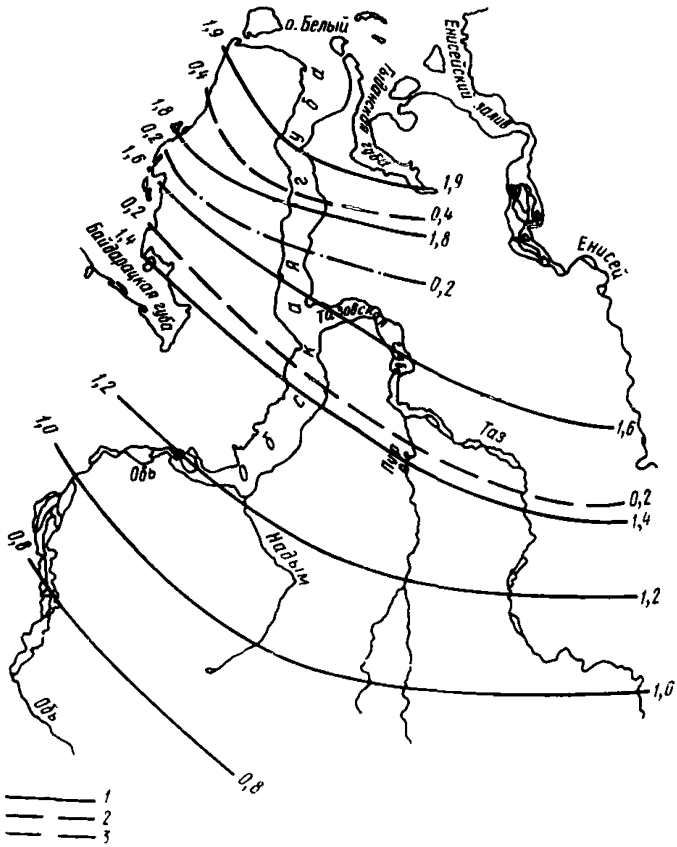


Рис. 10. Критическая глубина водоемов при различном термическом сопротивлении снежного покрова $R_{сн}$, м²·К/Вт (м²·ч·°С/ккал)
А–1 – $R_{сн} = 0$; 2 – $R_{сн} = 1{,}29$ (1,5); 3 – $R_{сн} = 1{,}72$ (2,0); Б–1 – $R_{сн} = 0{,}86$ (1,0); 2 – $R_{сн} = 0{,}43$ (0,5)

5.17. Допустимые глубины карьеров и выемок существенно зависят как от местоположения исследуемого участка, так и от состава и свойств грунтов. Значительное сокращение $h_в$ прослеживается с севера на юг низменности. Менее существенное уменьшение $h_в$ наблюдается при сокращении δ. В грунтах различного литологического состава при одинаковой δ значение $h_в$ увеличивается в ряду песок–суглинок–торф. В табл.8 приведены значения $h_в$ для наиболее общего и распространенного варианта снегонакопления [при напочвенном покрове с $R_т = 0{,}43$ м²·К/Вт (0,5 м²·ч·°С/ккал)]. Полученные величины $h_в$ являются промежуточными для предельных вариаций мощности снега (п.4.13).

5.18. Как следует из таблицы, на юге лесотундровой и в таежной зоне сооружение выемок на песчано-супесчаных грунтах с $\delta = 0{,}1–0{,}3$ приводит к многолетнему протаиванию грунтов и является недопустимым, в торфе допустимые $h_в$ крайне малы (табл.8).

5.19. Завалы из мха, дерна, деревьев, очень характерные для периферийных участков, подготавливаемых для строительства площадок, существенно изменяют условия теплообмена на поверхности почвы. На мерзлых участках они способствуют сокращению глубины протаивания грунтов до нуля; под многими завалами обнаружены летующие снежники.

Б

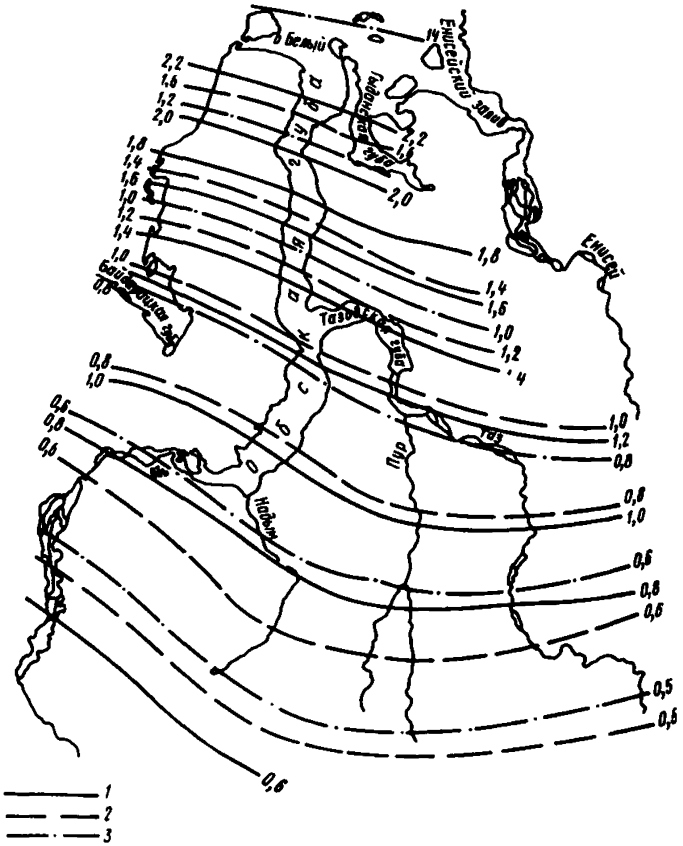


Таблица 8

Состав вечномерзлых пород	δ, доли единицы	$h_в$			
		Арктическая тундра	Кустарничково-кустарниковая тундра	Лесотундра	Северная тайга
Песок	0,1	0,7–1,2	0,4–0,7	Недопустимо	Недопустимо
Суглинок	0,2 0,3	0,5–1,0 0,5–0,9	0,1–0,7 0,1–0,6	То же	То же
Торф	0,3 0,4	0,7–1,4 0,6–1,3	0,4–0,7 0,3–0,6	0,2–0,4 0,1–0,4	$\leq$ 0,2 $<$ 0,1

5.20. На талых участках допустимые высоты завалов из мха и дерна $h_з$, не приводящие к развитию многолетнего промерзания отложений, существенно зависят от мощности снежного покрова в конкретном инженерно-геокриологическом участке и изменяются от 0 до 0,35 см.

5.21. Незначительное сокращение $h_з$ на талых участках северо-таежной зоны прослеживается при движении с запада на восток, в направлении увеличивающегося зимнего охлаждения поверхности почвы (табл.9).

Таблица 9

Природная зона	Σt^x, °С	$h_з$		
		Условия снегонакопления[1]		
		3	4	5
Северная тайга	90–100	–	0,07–0,1	0,1–0,35
	100–110	–	0,06–0,12	0,12–0,33
	110–120	–	0,04–0,1	0,1–0,23
	120–130	0,05–0,1	0,1–0,17	0,15–0,25
	130–140	0—0,08	0,07–0,15	0,12–0,2

[1] Обозначения индексов приведены в табл.2.

5.22. Завалы сухого почвенно-растительного слоя служат хорошим и довольно простым средством регулирования теплового состояния верхних горизонтов пород, которое может широко использоваться для сохранения их мерзлого состояния и уменьшения глубины оттаивания.

5.23. Закономерности изменения допустимых пределов, приведенные в пп.5.4–5.21, обнаруживают ряд общих тенденций. Возможность многолетнего протаивания мерзлых грунтов при целом ряде рассмотренных техногенных нарушений естественных природных условий (увеличение мощности снега в площади застройки, создание искусственных водоемов, выемок, карьеров, планировка поверхности и др.) возрастает с севера на юг и с востока на запад исследуемой территории.

На талых участках вероятность многолетнего промерзания грунтов при сокращении мощности снега и глубины водоемов в результате инженерной подготовки территории к строительству увеличивается в обратном направлении.

5.24. Наиболее устойчивой с точки зрения возможности коренного изменения теплового состояния грунтов является область сплошного распространения вечномерзлых пород, совпадающая с зоной тундр. Значительные величины критических мощностей снега, глубин техногенных водоемов и других допустимых пределов изменения поверхностно-грунтовых условий делают маловероятным возможность развития многолетнего протаивания грунтов при техногенных воздействиях, не сопровождающихся тепловыделением.

5.25. В зоне лесотундры и северной тайги, совпадающими с зонами прерывистого и островного распространения вечномерзлых пород, вероятность изменения естественного (талого или мерзлого) состояния грунтов существенно повышается, а ряд изменений естественной обстановки в этих зонах неизбежно приводит к протаиванию мерзлых и промерзанию талых отложений (см. пп.5.8; 5.9; 5.12; 5.18).

5.26. В табл. 10 приведены допустимые пределы изменения мерзлотно-грунтовых условий в различных инженерно-геокриологических участках севера Западной Сибири.

Таблица 10

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	δ 2	Допустимые пределы изменения мерзлотно-грунтовых условий[3]		$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_з$
				$h'_{кр}$	$h''_{кр}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Арктическая тундра	1а	Пески	0,05	1,9–2,2	0,9–1,3	1,1–1,4	2,9–3,1	2,4–2,7	<2	0,9–1,3	–
			0,1	1,9–2,2	0,9–1,3	1,1–1,4	2,9–3,1	2,4–2,7	<2	1,3–1,6	–
		Суглинки	0,2	2,2–2,5	1–1,4	1–1,4	2,1–2,4	1,7–1,9	<1,5	0,9–1,2	–
			0,3	2,2–2,5	1–1,4	1–1,4	2,1–2,4	1,7–1,9	<1,5	0,7–1	–
		Торф	0,3	2–2,2	1,2–1,8	1–1,4	1–1,2	0,9–1	<0,5	1–1,4	–
			0,4	2–2,2	1,2–1,8	1–1,4	1–1,2	0,9–1	<0,5	0,8–1,2	–
	2б	Торф	0,4	1,5–2	1,2–1,8	0,6–0,9	0,8–1,1	0,7–1	<0,5	0,8–1,2	–
	2в	Пески	0,05	1,7–2	0,9–1,3	0,6–0,9	1,5–2	1,1–1,4	<1	1–1,2	–
			0,1	1,7–2	0,9–1,3	0,6–0,9	1,5–2	1,1–1,4	<1	1–1,2	–
		Суглинки	0,3	1,7–2,3	1–1,4	0,6–9,9	1,4–1,7	1,1–1,3	<1	0,7–1	–
		Торф	0,3	2,1–2,4	1,2–1,8	0,6–9,9	0,7–0,9	0,9–1	<0,5	1–1,4	–
	3в	Пески	0,05	1,7–2	0,9–1,3	0,4–0,5	1–1,2	0,5–0,8	<0,4	1–1,2	–
			0,1	1,7–2	0,9–1,3	0,4–0,5	1–1,2	0,5–0,8	<0,4	1–1,2	–
		Суглинки	0,2	1,7–2,3	1–1,4	0,4–0,5	1–1,1	0,6–0,8	<0,5	0,7–1	–
			0,3	1,7–2,3	1–1,4	0,4–0,5	1–1,1	0,6–0,8	<0,5	0,7–1	–

Продолжение табл.10

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	δ [2]	Допустимые пределы изменения мерзлотно-грунтовых условий[3]					
				$h'_{кр}$	$h''_{кр}$	$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_з$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кустарничково-кустарниковая тундра	1а	Пески	0,05 0,1	1,3–2 1,3–2	0,6–1 0,6–1	0,9–1,3 0,9–1,3	1,9–2,1 1,9–2,1	1,1–1,6 1,1–1,6	<1 <1	0,6–0,8 0,5–0,9	–
		Суглинки	0,3	1,1–1,9	0,7–1,1	0,9–1,3	1,7–1,9	1–1,6	<0,8	0,3–0,6	–
		Торф	0,3 0,4	1,3–1,9 1,3–1,9	0,9–1,3 0,9–1,3	0,9–1,3 0,9–1,3	1–1,2 1–1,2	0,8–1 1,8–1	<0,7 <0,7	0,7–1,1 0,2–0,6	– –
	1в	Пески	0,05	1–1,8	0,6–1	0,9–1,3	1,8–2,1	1,1–1,6	<0,2	0,6–0,8	–
		Суглинки	0,3	1,–1,8	0,7–1,1	0,9–1,3	1,8–2	1,2–1,6	<0,8	0,5–0,9	–
		Торф	0,3 0,4	1,1–1,9 1,1–1,9	0,9–1,3 0,9–1,3	0,9–1,3 0,9–1,3	1–1,2 1–1,2	0,8–1 0,8–1	<0,7 <0,7	0,7–1,1 0,2–0,6	– –
	2а	Пески	0,05 0,1	1,3–2 1,3–2	0,6–1 0,6–1	0,9–1,3 0,9–1,3	1,2–1,4 1,2–1,4	0,6–1,1 0,6–1,1	<0,5 <0,5	0,6–0,9 0,5–0,9	– –
		Суглинки	0,2 0,3	1,1–1,9 1,1–1,9	0,7–1,1 0,7–1,1	0,9–1,3 0,9–1,3	0,8–1,1 0,8–1,1	0,2–0,7 0,2–0,7	<0,1 <0,1	0,5–0,8 0,3–0,6	– –
		Торф	0,3 0,4	1,3–2 1,3–2	0,9–1,3 0,9–1,3	0,4–0,8 0,4–0,8	0,3–0,9 0,3–0,9	0,1–0,7 0,1–0,7	<0,1 <0,1	0,7–1,1 0,2–0,6	– –
	2б	Пески	0,1	0,9–1,2	0,6–1	0,4–0,8	1,3–1,5	0,6–1,1	<0,5	0,5–0,9	–
		Суглинки	0,3	1–1,2	0,7–1,1	0,4–0,8	0,9–1,1	0,2–0,7	<0,1	0,3–0,6	–
		Торф	0,3 0,4	1–1,6 1–1,6	0,9–1,3 0,9–1,3	0,4–0,8 0,4–0,8	0,7–0,9 0,7–0,9	0,1–0,7 0,1–0,7	<0,1 <0,1	0,7–1,1 0,2–0,6	– –
	2в	Пески	0,05 0,1	1–1,8 1–1,8	0,6–1 0,6–1	0,4–0,8 0,4–0,8	1,4–1,9 1,4–1,9	1,5–1,7 1,5–1,7	<1,5 <1,5	0,6–0,8 0,5–0,9	– –
		Суглинки	0,3	1–1,8	0,7–1,1	0,4–0,8	1,1–1,5	0,7–1	<0,6	0,3–0,6	–
	3а	Пески	0,05 0,1	1,3–2 1,3–2	0,6–1 0,6–1	0,2–0,5 0,2–0,5	0,7–1,1 0,7–1,1	0,2–0,7 0,2–0,7	<0,1 <0,1	0,6–0,8 0,5–0,9	– –
		Суглинки	0,1 0,2 0,3	1,1–1,9 1,1–1,9 1,1–1,9	0,7–1,1 0,7–1,1 0,7–1,1	0,2–0,5 0,2–0,5 0,2–0,5	0,9–1,1 0,9–1,1 0,9–1,1	0,2–0,8 0,2–0,8 0,2–0,8	<0,1 <0,1 <0,1	0,3–0,6 0,5–0,8 0,3–0,6	– – –
		Торф	0,3 0,4	1,1–1,9 1,1–1,9	0,9–1,3 0,9–1,3	0,2–0,5 0,2–0,5	0,4–0,6 0,4–0,6	0,1–0,5 0,1–0,5	<0,1 <0,1	0,7–1,1 0,2–0,6	–
	3б	Торф	0,4	1–1,6	0,9–1,3	0,2–0,5	0,4–0,7	0,1–0,5	<0,1	0,2–0,6	–
	3в	Пески	0,1	1–1,8	0,6–1,0	0,2–0,5	0,8–1,0	0,2–0,7	<0,1	0,5–0,9	–
		Суглинки	0,3	1–1,8	0,7–1,1	0,2–0,5	0,7–0,9	0,2–0,8	<0,1	0,5–0,9	–
		Торф	0,4	1–1,6	0,7–1,1	0,2–0,5	0,4–0,5	0,1–0,5	<0,1	0,2–0,6	–

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	δ[2]	Допустимые пределы изменения	
				$h'_{кр}$	$h''_{кр}$
1	2	3	4	5	6
Кустарничково-кустарниковая тундра	3г	Пески	0,05 0,1	1–1,2 1–1,2	0,6–1 0,6–1
		Суглинки	0,3	1,2–1,5	0,7–1,1
		Торф	0,3 0,4	1,5–1,9 1,5–1,9	0,9–1,3 0,9–1,3
	4а	Пески	0,1	1,3–2	0,6–1
		Суглинки	0,3	1,1–1,9	0,7–1,1
		Торф	0,4	1,3–1,9	0,9–1,3
	4в	Пески	0,05 0,1	1–1,8 1–1,8	0,6–1 0,6–1
		Суглинки	0,2 0,3	1–1,8 1–1,8	0,7–1,1 0,7–1,1
		Торф	0,3 0,4	1,1–1,9 1,1–1,9	0,9–1,3 0,9–1,3
	5в	Пески	0,1	1–1,8	0,6–1
		Суглинки	0,3	1–1,8	0,7–1
Лесотундра	2а	Пески	0,05 0,1	1–1,4 1–1,4	0,5–0,7 0,5–0,7
		Суглинки	0,2 0,3	1–1,1 0,8–0,9	0,6–0,7 0,5–0,6
		Торф	0,3 0,4	1,2–1,4 1,2–1,4	0,8–0,9 0,6–1
	2б	Пески	0,01	0,9–1,1	0,5–0,6
		Суглинки	0,3	0,9–1	0,5–0,7
		Торф	0,3 0,4	0,8–1,1 0,8–1,1	0,8–1 0,8–1
	2в	Пески	0,05 0,1	0,7–1,1 0,7–1,1	0,5–0,7 0,5–0,7
		Суглинки	0,2 0,3	0,7–1,3 0,7–1,3	0,5–0,7 0,5–0,7
		Торф	0,3 0,4	1–1,3 1–1,3	0,7–0,8 0,7–0,8

Продолжение табл. 10

мерзлотно-грунтовых условий[3]					
$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_з$
7	8	9	10	11	12
0,2–0,5 0,2–0,5	0,7–1,2 0,7–1,2	0,2–0,7 0,2–0,7	<0,1 <0,1	0,6–0,8 0,5–0,9	– –
0,2–0,5	0,8–1	0,2–0,8	<0,1	0,3–0,6	–
0,2–0,5 0,2–0,5	0,4–0,5 0,4–0,5	0,1–0,5 0,1–0,5	<0,1 <0,1	0,7–1,1 0,2–0,6	– –
0,1–0,3	0,5–0,7	0,2–0,4	<0,1	0,5–0,9	–
0,1–0,3	0,6–0,8	0,2–0,5	<0,1	0,3–0,6	–
0,1–0,3	0,3–0,5	< 0,1	Н/д[4]	0,2–0,6	–
0,1–0,3 0,1–0,3	0,4–0,6 0,4–0,6	0,2–0,4 0,2–0,4	<0,1 <0,1	0,6–0,8 0,5–0,9	– –
0,1–0,3 0,1–0,3	0,5–0,7 0,5–0,7	0,2–0,5 0,2–0,5	<0,1 <0,1	0,5–0,8 0,3–0,6	– –
0,1–0,3 0,1–0,3	0,1–0,3 0,1–0,3	< 0,1 0,1	Н/д »	0,7–1,1 0,2–0,6	– –
< 0,1	0,3–0,5	0,2–0,4	<0,1	0,5–0,9	–
0,1	0,8–1	0,2–0,5	<0,1	0,5–0,9	–
0,3–0,4 0,3–0,4	0,8–1,1 0,8–1,1	0,4–1 0,4–1	<0,3 <0,3	0,5–0,6 0,5–0,6	– –
0,3–0,4 0,3–0,4	0,8–1 0,8–1	0,5–0,9 0,5–0,9	<0,3 <0,3	0,4–0,5 0,1–0,3	– –
0,3–0,4 0,3–0,4	0,3–0,6 0,3–0,6	0,1–0,5 0,1–0,5	<0,1 <0,1	0,3–0,4 0,1–0,3	– –
0,3–0,4	0,9–1,3	0,4–1	<0,3	0,4–0,5	–
0,3–0,4	1–1,2	0,5–0,9	<0,3	0,1–0,2	–
0,3–0,4 0,3–0,4	0,4–0,7 0,4–0,7	0,1–0,5 0,1–0,5	<0,1 <0,1	0,3–0,6 0–0,3	– –
0,3–0,4 0,3–0,4	0,9–1,4 0,9–1,4	0,4–1 0,4–1	<0,3 <0,3	0,5–0,6 0,4–0,6	– –
0,3–0,4 0,3–0,4	0,8–1,2 0,8–1,2	0,5–0,9 0,5–0,9	<0,3 <0,3	0,2–0,3 0,1–0,2	– –
0,3–0,4 0,3–0,4	0,4–0,7 0,4–0,7	0,1–0,5 0,1–0,5	<0,1 <0,1	0–0,3 0,05	– –

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	δ[2]	Допустимые пределы изменения $h'_{кр}$	Допустимые пределы изменения $h''_{кр}$
1	2	3	4	5	6
Лесотундра	3а	Суглинки	0,2 0,3	0,8–1,2 0,8–1,2	0,6–0,7 0,6–0,7
		Пески	0,05 0,1	1–1,4 1–1,4	0,5–0,7 0,5–0,7
		Торф	0,3 0,4	1–1,4 1–1,4	0,7–0,9 0,7–0,9
	3б	Торф	0,3 0,4	1,3–1,5 1–1,1	0,9–1 0,6–0,7
	3в	Пески	0,01	0,7–1,1	0,7–0,9
		Суглинки	0,1	0,8–0,9	0,6–0,7
	4а	Пески	0,1	1–1,4	0,6–0,7
		Суглинки	0,3	0,8–1,2	0,5–0,6
		Торф	0,4	1–1,4	0,7–0,8
	4б	Торф	0,3 0,4	0,8–1,1 0,8–1,1	0,7–1 0,7–1
	4в	Пески	0,05 0,1	0,7–1,1 0,7–1,1	0,6–0,7 Н/д
		Суглинки	0,2 0,3	0,7–1,3 0,7–1,3	Н/д "
	5а	Пески	0,01 0,1	1–1,4 1–1,4	" "
		Суглинки	0,1 0,3	0,8–1,2 0,8–1,2	1,1–1,2 Н/д
	5в	Пески	0,05 0,1	0,7–1,1 0,7–1,1	" "
		Суглинки	0,2 0,3	0,7–1,3 0,7–1,3	" "
		Торф	0,3 0,4	1–1,3 1–1,3	" "
	5г	Пески	0,05 0,1	1,1–1,3 1,1–1,3	Н/д "
		Суглинки	0,2 0,3	1,5–1,6 1,5–1,6	1,2–1,4 1,2–1,4

Продолжение табл. 10

мерзлотно-грунтовых условий[3]					
$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_а$
7	8	9	10	11	12
0,1–0,25 0,1–0,25	0,2–0,5 0,2–0,5	0,1–0,3 0,1–0,3	<0,1 <0,1	0,4–0,5 0,2–0,3	– –
0,1–0,25 0,1–0,25	0,3–0,5 0,3–0,5	0,1–0,2 0,1–0,2	<0,1 <0,1	0,5–0,6 0,4–0,5	– –
0,1–0,25 0,1–0,25	0,2–0,6 0,2–0,6	< 0,1 0,1	Н/д "	0,3–0,4 0,3–0,4	– –
0,1–0,25 0,1–0,25	0,2–0,6 0,2–0,6	<0,1 <0,1	Н/д "	0,3–0,6 < 0,05	– –
0,1–0,25	0,4–0,6	0,1–0,2	<0,1	0,7–0,8	–
0,1–0,25	0,4–0,7	0,1–0,3	<0,1	0,5–0,6	–
<0,1	0,4–0,6	<0,1	Н/д	0,5–0,6	–
<0,1	0,1–0,3	<0,1	"	0,1–0,2	–
<0,1	0,1–0,2	<0,1	"	< 0,05	–
<0,1 <0,1	0,2–0,4 0,2–0,4	<0,1 <0,1	" "	0,4–0,6 0–0,05	– –
<0,1 <0,1	0,1–0,4 0,1–0,4	<0,1 Н/д	" "	0,6–0,7 Н/д	– –
<0,1 <0,1	0,1–0,3 0,1–0,3	Н/д "	Н/д "	Н/д "	– –
<0,05 <0,05	<0,1 <0,1	" "	" "	" "	– –
<0,05 <0,05	<0,1 <0,1	" "	" "	1–1,1 Н/д	– –
<0,05 <0,05	<0,1 <0,1	" "	" "	" "	– –
<0,05 <0,05	<0,1 <0,1	" "	" "	" "	– –
<0,05 <0,05	< 0,1 0,1	" "	" "	" "	– –
<0,05 <0,05	<0,1 0,1	Н/д "	Н/д "	Н/д "	– –
<0,05 <0,05	0,1–0,3 0,1–0,3	<0,1 <0,1	" "	0,9–1,1 0,7–0,9	– –

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	δ[2]	Допустимые пределы изменения	
				$h'_{кр}$	$h''_{кр}$
1	2	3	4	5	6
Северная тайга	2а	Пески	0,05	0,7–0,8	0,6–0,7
		Суглинки	0,2	0,7–0,9	0,5–0,6
		Торф	– 0,3 0,4	0,5–1 0,8–0,9 0,6–1,2	0,3–0,9 0,5–0,6 0,5–0,8
	2б	Пески	– 0,01	0,6–0,8 0,7–0,8	0,5–0,7 0,6–0,7
		Суглинки	– 0,2 0,3	0,7–0,9 0,7–0,8 0,6–0,9	0,4–0,5 Н/д ”
		Торф	– 0,3 0,4	0,5–0,9 0,5–0,6 0,5–1,2	0,4–0,8 0,3–0,4 0,3–0,8
	2в	Пески	0,05 0,1	0,7–0,8 0,7–1,2	Н/д ”
		Суглинки	0,3	0,6–0,9	”
	2д	Пески	–	0,6–0,7	0,3–0,4
		Суглинки	0,3	0,6–0,7	Н/д
		Торф	– 0,4	0,8–0,9 0,7–0,8	0,4–0,5 0,3–0,4
	3а	Пески	0,05 0,1	0,5–1,1 0,7–1	Н/д ”
		Суглинки	0,2 0,3	0,7–1,4 0,9–1,1	0,6–1 0,8–0,9
		Торф	–	0,6–0,9	0,5–0,6
	3б	Суглинки	0,3	1–1,4	0,8–0,9
		Торф	– 0,4	0,5–0,6 0,7–1	0,5–0,6 0,6–0,8

мерзлотно-грунтовых условий[3]					
$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_з$
7	8	9	10	11	12
0,1–0,2	0,1–0,2	< 0,1	Н/д	0,6–0,7	–
0,1–0,2	0,4–0,6	<0,1	”	0,2–0,3	–
0,1–0,2 0,1–0,2 0,1–0,2	– 0,3–0,5 0,3–0,5	– <0,1 <0,1	– Н/д ”	– 0,1–0,2 0,1–0,2	– – –
0,1–0,2 0,1–0,2	– 0,1–0,2	– <0,1	– Н/д	– 0,6–0,7	– –
0,1–0,2 0,1–0,2 0,1–0,2	– 0,5–0,7 0,5–0,7	– Н/д ”	– Н/д ”	– Н/д ”	– – –
0,1–0,2 0,1–0,2 0,1–0,2	– 0,1–0,4 0,1–0,4	– <0,1 <0,1	– Н/д ”	– Н/д ”	– – –
0,1–0,2 0,1–0,2	0,2–0,4 0,2–0,4	Н/д ”	” ”	” ”	– –
0,1–0,2	0,3–0,6	”	”	”	–
0,1–0,2	–	–	–	–	–
0,1–0,2	0,3–0,6	Н/д	Н/д	Н/д	–
0,1–0,2 0,1–0,2	– 0,2–0,4	– 0,1	– Н/д	– Н/д	– –
0,05–0,2 0,05–0,2	<0,1 0,1	Н/д ”	” ”	” ”	– –
0,05–0,2 0,05–0,2	0,3–0,5 0,3–0,5	<0,1 <0,1	” ”	0,6–0,8 0,3–0,4	– –
0,05–0,2	–	–	–	–	0,1–0,2
0,05–0,2	0,3–0,5	<0,1	Н/д	0,4–0,5	–
0,05–0,2 0,05–0,2	– 0,1–0,2	– <0,1	– Н/д	– Н/д	0,05 –

Продолжение табл.10

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	σ[2]	Допустимые пределы изменения	
				$h'_{кр}$	$h''_{кр}$
1	2	3	4	5	6
Северная тайга	3в	Пески	–	0,5–0,8	0,3–0,7
			0,05	0,6–0,8	0,5–0,6
			0,1	0,7–1,3	Н/д
		Суглинки	–	0,7–0,9	0,4–0,6
			0,2	0,6–1,4	Н/д
			0,3	0,5–1,3	”
		Торф	–	0,6–0,7	0,5–0,6
			0,4	0,7–1,1	Н/д
	3г	Песок	0,05	0,5–0,7	”
			0,1	0,4–0,7	”
		Суглинок	0,1	0,6–1,3	0,6–1
			0,2	0,4–1,3	Н/д
			0,3	0,4–1,3	”
	3д	Суглинок	0,1	0,6–0,7	”
			0,2	0,6–0,7	”
			0,3	0,6–0,7	”
		Торф	0,4	0,8–1,6	0,5–0,8
	4а	Песок	–	0,7–0,9	0,5–0,7
			0,05	1–1,2	Н/д
			0,1	0,7–1,2	”
		Суглинок	–	0,6–1,4	0,4–0,9
			0,2	1,2–1,3	1–1,2
			0,3	0,8–1,2	Н/д
	4б	Торф	–	1–1,2	0,7–0,8
	4в	Песок	–	0,6–1,1	0,4–0,9
			0,05	0,9–1,2	Н/д
			0,1	0,6–1,2	”
		Суглинок	–	0,5–0,7	0,3–0,5
			0,2	1–1,4	0,8–1,2
			0,3	1–1,4	Н/д
		Торф	–	0,6–0,7	0,5–0,6

мерзлотно-грунтовых условий[3]					
$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_з$
7	8	9	10	11	12
0,05–0,2	–	–	–	–	0,05
0,05–0,2	<0,1	Н/д	Н/д	0,4–0,5	–
0,05–0,2	0,1	”	”	Н/д	–
0,05–0,2	–	–	–	–	0,05
0,05–0,2	0,1–0,3	Н/д	Н/д	Н/д	–
0,05–0,2	0,1–0,3	”	”	”	–
0,05–0,2	–	–	–	–	<0,05
0,05–0,2	<0,1	Н/д	Н/д	Н/д	–
0,05–0,2	<0,1	”	”	”	–
0,05–0,2	<0,1	”	”	”	–
0,05–0,2	0,1–0,3	”	”	0,5–0,9	–
0,05–0,2	0,1–0,3	”	”	Н/д	–
0,05–0,2	0,3–0,5	”	”	”	–
0,05–0,2	<0,1	”	”	”	–
0,05–0,2	<0,1	”	”	”	–
0,05–0,2	<0,1	”	”	”	–
0,05–0,2	0,1–0,3	<0,1	”	”	–
<0,05	–	–	–	–	0,1–0,2
0,05	<0,1	Н/д	Н/д	Н/д	–
0,05	<0,1	”	”	”	–
<0,05	–	–	–	–	0,05–0,1
<0,05	<0,1	< 0,1	Н/д	0,8–0,9	–
<0,05	<0,1	Н/д	–	Н/д	–
<0,05	–	–	–	–	0–0,1
<0,05	–	–	–	–	0,05–0,2
<0,05	< 0,1	Н/д	Н/д	Н/д	–
<0,05	0,1	”	”	”	–
<0,05	–	–	–	–	0–0,2
<0,05	<0,1	< 0,1	Н/д	0,8–0.9	–
<0,05	0,1	Н/д	”	Н/д	–
<0,05	–	–	–	–	0,1–0,2

Продолжение табл. 10

Природная зона	Поверхностные условия[1]	Состав отложений	δ[2]	Допустимые пределы изменения		мерзлотно-грунтовых условий[3]					
				$h'_{кр}$	$h''_{кр}$	$H_{кр}$	$\Delta\xi'$	$\Delta\xi''$	$\Delta\xi'''$	$h_в$	$h_з$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Северная тайга	4г	Песок	– 0,01	0,5–0,9 0,7–0,9	0,4–0,7 Н/д	<0,05 <0,05	– < 0,1	– Н/д	– Н/д	– Н/д	0,05–0,1 –
	4д	Песок Суглинок	0,05 0,2	1,1–1,2 1,1–1,3	" "	<0,05 <0,05	0,1 0,1	" "	" "	" "	– –
	5а	Песок Суглинок	– –	1–1,2 0,8–1,4	0,7–0,8 0,6–1,2	Н/д "	– –	– –	– –	– –	0,1–0,3 0,05–0,2
	5в	Песок Суглинок Торф	– – –	0,4–0,7 0,5–0,7 0,6–0,7	0,3–0,5 0,3–0,7 0,5–0,6	" " "	– – –	– – –	– – –	– – –	0,1–0,2 0,05–0,1 0,05–0,1
	5г	Песок Суглинок	– –	0,4–0,5 0,6–0,7	0,3–0,4 0,6–0,7	Н/д "	– –	– –	– –	– –	0,1–0,2 0,05–0,1

[1] Цифрой обозначены условия снегонакопления, строчной буквой – характер напочвенного покрова (см. разд. 3).

[2] Относительная осадка мерзлых грунтов при оттаивании. Прочерк в графе означает, что инженерно-геокриологический участок сложен талыми грунтами.

[3] Обозначения допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий те же, что и в пп. 5.4–5.21.

[4] Недопустимо.

Литература

1. Геокриологический прогноз для Западно-Сибирской газоносной провинции. Под ред. С.Е.Гречищева. Новосибирск. Изд-во "Наука", 1983.
2. Карта геокриологического районирования Западно-Сибирской равнины (по верхнему горизонту мерзлой толщи). М 1:1 5000000. Под ред. В.В.Баулина. Изд. ГУКа, 1982.
3. Основы мерзлотного прогноза для инженерно-геологических исследований. Под ред. В.А.Кудрявцева. Изд-во МГУ, 1974.
4. Чернядьев В.П., Чеховский А.Л., Стремяков А.Я., Пакулин В.А. Прогноз теплового состояния грунтов при освоении северных районов. М., Наука, 1984.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Нарушения природных условий при наземном строительстве 4
3. Исходные данные для определения допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий 7
4. Определение допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий . 11
5. Закономерности пространственной изменчивости допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий в области распространения вечномерзлых пород Западной Сибири 16
Литература 38

Нормативно-производственное издание

ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации
по оценке допустимых изменений мерзлотно-грунтовых условий на осваиваемых территориях Западной Сибири

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Редактор *Н.А.Шатерникова*
Зав. редакцией *Л.Г.Бальян*
Технический редактор *М.Д.Левина*
Корректор *Е.Р.Герасимюк*
Оператор *Н.М.Гайнулина*
Н/К

Подписано в печать 28.01.87 Т–18465 Формат 84x108/32
Бумага офсетная Печать офсетная Набор машинописный
Усл.печ.л. 2,10 Усл.-кр. отт. 2,31 Уч.-изд.л. 2,37 Тираж 3400 экз.
Изд. № XII-1395 Зак. № 80 Цена 10 к.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
129041, Москва, Б. Переяславская ул., 46.

gost.e-ecolog.ru