ГОССТРОЙ РСФСР
Росглавниистройпроект
Производственное объединение "Стройизыскания"
Центральный трест инженерно-строительных изысканий

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО СОСТАВЛЕНИЮ МЕРЗЛОТНОГО ПРОГНОЗА ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (В условиях БАМ)

ИМД-51-76
"Стройизыскания"

Москва - 1976

gost.e-ecolog.ru

ГОССТРОЙ РСФСР
Росглавниистройпроект
Производственное объединение "Стройизыскания"
Центральный трест инженерно-строительных изысканий

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО СОСТАВЛЕНИЮ МЕРЗЛОТНОГО ПРОГНОЗА ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (В условиях БАМ)

ИМД-5I-76
"Стройизыскания"

Утверждены
Производственным объединением "Стройизыскания"
29 сентября 1975 г.

Москва - 1976

Настоящая методика рассчитана для использования при изысканиях как в зоне БАМа, так и в зоне его влияния.

Указания составил гл. специалист-мерзлотовед нормативно методологического отдела объединения "Стройизыскания", канд. геол.-мин. наук А.И. Левкович.

ВВЕДЕНИЕ

"Методические указания по составлению мерзлотного прогноза при инженерно-геологических изысканиях для промышленного и гражданского строительства (в условиях БАМ)" разработаны Центральным трестом инженерно-строительных изысканий Госстроя РСФСР по договору с институтом Мостипротранс Минтрансстроя СССР № 8743 от 28 марта 1975 г.

Зона Байкало-Амурской железнодорожной магистрали характеризуется весьма сложными природными условиями, которые требуют специального изучения при инженерно-геологических изысканиях и учета при размещении проектируемых объектов и строительном проектировании их оснований и фундаментов. Основными природными факторами, осложняющими строительное освоение зоны БАМа являются вечномерзлые грунты и повышенная сейсмическая интенсивность большей части зоны БАМа.

Вечномерзлые грунты на территории строительства Байкало-Амурской магистрали и в зоне ее влияния распространены практически повсеместно. Они характеризуются различным происхождением, резкой изменчивостью мощности и вертикального строения, наличием азональных условий и локализованных таликов, пестротой температурного режима, различной льдонасыщенностью, структурно-текстурными особенностями и большим разнообразием состава и свойств.

Таким образом, только изучение состава, состояния, строения, сложения и свойств вечномерзлых грунтов на территории строительства в их статике представляет собой большую, самостоятельную и весьма сложную задачу.

Однако вечномерзлые грунты во всех присущих им характеристиках подвержены изменениям как во времени, так и в пространстве.

Указанные изменения в зависимости от вызывающих их факторов можно подразделить на три группы:

изменения мерзлотной обстановки (мерзлотных инженерно-геологических условий строительства), происходящие в связи с естественными изменениями природной среды;

изменения, вызванные строительным освоением территории;

изменения, происходящие в результате воздействии проектируемых зданий и сооружений.

Без определения и учета этих изменений мерзлотных инженерно-геологических условий (т.е. без прогноза их изменений) надежное и экономическое строительство и эксплуатации проектируемых объектов практически невозможно, что подтверждается весьма значительной долей деформируемых зданий и сооружений от общего их числа, сооружаемого в районах распространения вечномерзлых грунтов.

Причем, первоочередной задачей инженерно-геологических изысканий является получение таких материалов прогноза, которые обеспечили бы сохранность проектируемых объектов в связи с непосредственным влиянием строительства на природную обстановку при возможном учете и прочих изменений.

Повышенная сейсмическая интенсивность характерна для западной части зоны Байкало-Амурской магистрали. Ее фоновая величина, по данным Института Земной коры СО АН СССР, колеблется в пределах от до 10 баллов, а на отдельных участках превышает и 10 балло . Определение такой фоновой сейсмичности является весьма важной задачей, решение которой необходимо для надежного строительства в этой зоне.

Как известно, фоновая сейсмичность определяется для средних грунтовых условий. В зависимости от отклонения этих условий от средних в пределах тех или иных участков района с определенной фоновой сейсмичностью сейсмичность этих участков изменяется Определение таких приращений сейсмичности как положительных, так и отрицательных (сейсмическое микрорайонирование) является важнейшей задачей инженерно-геологических изысканий в зоне БАМа.

Однако в районах распространения вечномерзлых грунтов установленная при сейсмическом микрорайонировании сейсмическая интенсивность тех или иных участков при строительстве и эксплуатации проектируемых объектов будет меняться, так как при этом будут меняться мерзлотные инженерно-геологические условия и, следовательно, сейсмические характеристики грунтов.

Таким образом, при сейсмическом микрорайонировании какой-либо территории в зоне БАМа в обязательном порядке должны учитываться результаты мерзлотного прогноза. Эта задачаослож-

няется тем, что методика сейсмического микрорайонирования на вечномерзлых грунтах в полной мере еще не разработана. Кроме того, не разработана в виде наставления для производства работ методика мерзлотного прогноза при инженерно-геологических изысканиях.

В настоящих Указаниях, составленных на основе анализа и обобщения опыта изысканий в зоне ГАМа, ряда методических и нормативных работ, выполненных автором Указаний, а также с привлечением других источников излагается методика мерзлотного прогноза при инженерно-геологических изысканиях для промышленного и гражданского строительства в условиях ГАМа.

В соответствии с программой работ в Указаниях рассматриваются вопросы прогноза изменений, обусловленных главным образом непосредственным влиянием строительства.

Разработанная методика, приведенная в настоящих Указаниях, должна позволить получить материалы прогноза, обеспечивающие оптимальное размещение различных (типов) проектируемых зданий и сооружений, разработку технических решений оснований и фундаментов проектируемых объектов, необходимую детализацию технических решений в связи с тем или иным размещением проектируемых зданий и сооружений на площадке строительства.

В соответствии с программой работ методика прогноза разработана для "площадочного" строительства, т.е. исключает вопросы прогноза при изысканиях линейных сооружений. Кроме того, в Указаниях не рассмотрена методика прогноза при изысканиях для строительства гидротехнических и подземных сооружений, мостов и аэродромов.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачи инженерно-геологических изысканий и их особенности

Общую задачу инженерно-геологических изысканий для строительства на вечномерзлых грунтах можно сформулировать следующим образом:

получение материалов о мерзлотных инженерно-геологических условиях территории строительства, а также о возможных изменениях этих условий в результате строительства и за счет естественных преобразований природной среды, по своему составу и объему необходимых и достаточных для оптимального размещения проектируемых зданий и сооружений и для надежного и экономического проектирования их оснований и фундаментов. Инженерно-геологические изыскания проводятся для обеспечения технико-экономического обоснования строительства и стадий строительного проектирования.

Это обуславливает поэтапное выполнение изысканий, когда материалы изысканий каждого этапа используются для решения определенных задач обоснования и проектирования строительства.

В общем случае выделяются четыре последовательных этапа инженерно-геологических изысканий:

1) изыскания для выбора пункта (района) строительства;

2) изыскания для выбора площадки (трассы) строительства;

3) изыскания на выбранной площадке (трассе) строительства;

4) изыскания на конкретных участках размещения проектируемых зданий и сооружений (по оси линейных сооружений).

В зависимости от характеристики проектируемых объектов, сложности природных условий и принятого в зависимости от этого порядка составления ТЭО и строительного проектирования проектная организация устанавливает перечень этапов изысканий, подлежащих выполнению.

Следует отметить, что на вечномерзлых грунтах надежное технико-экономическое обоснование строительства, а также надежное экономическое проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений обеспечивается в большинстве случаев производством полного цикла изысканий, а при намеченном заранее пункте

(районе) строительства - последовательным выполнением указанных выше п.п. 2.3 четырех этапов изыскательских работ.

Задачи инженерно-геологических изысканий на каждом этапе (для "площадочного" строительства) характеризуются следующим:

при изысканиях для выбора пункта (района) строительства задачей изысканий является оценка и сопоставление мерзлотных инженерно-геологических условий строительства в различных пунктах и их возможных изменений и обоснование выбора наиболее благоприятных для строительства пункта (района) и вариантов площадки;

при изысканиях для выбора площадки строительства в заданном пункте (районе) задача изысканий заключается в оценке мерзлотных инженерно-геологических условий района, определении вариантов площадки, сравнительной оценке их условий и возможных изменений этих условий и обоснование выбора наиболее благоприятной для строительства площадки;

при изысканиях на выбранной площадке задача изысканий заключается в определении мерзлотных инженерно-геологических условий строительства площадки и их возможных изменений, обеспечивающих оптимальное размещение проектируемых зданий и сооружений и разработку надежных и экономически целесообразных технических решений их оснований и фундаментов;

изыскания на конкретных участках размещения проектируемых объектов проводятся с задачей детализации мерзлотных инженерно-геологических условий на этих участках и их возможных изменений с учетом технических решений оснований и фундаментов проектируемых объектов.

В зависимости от сложности мерзлотных инженерно-геологических условий территории и характера проектируемых зданий и сооружений материалы второго этапа изысканий могут быть достаточными для определения размещения проектируемых объектов в пределах выбранной площадки и для разработки технических решений их оснований и фундаментов. В отдельных случаях эти материалы могут оказаться достаточными и для рабочего проектирования .

Аналогично материалы изысканий по выбранной площадке в отдельных случаях могут быть использованы для рабочего проектирования оснований и фундаментов.

Однако в мерзлотных условиях зоны БАМа такая возможность может быть реализована, как правило, лишь на участках выхода или

близкого залегания к поверхности монолитных или слабовыветрелых скальных грунтов при условии, что при изысканиях могут быть установлены достоверные сведения о сейсмичности таких участков.

Предметом изучения при изысканиях на вечномерзлых грунтах, как явствует из изложенного выше, являются мерзлотные инженерно-геологические условия строительства исследуемой территории (употребительно также выражение - мерзлотные инженерно-геологические условия территории, площадки и т.п.).

К их числу относится следующий комплекс природных условий:

геоморфология и рельеф;

геоботаническая характеристика;

гидрологические условия;

температурный режим воздуха, осадки;

геологическое строение;

тектоника;

литологический состав грунтов, их возраст и генетическая характеристика;

гидрогеологические условия;

площадное распространение вечномерзлых и талых грунтов;

мощность и вертикальное строение вечномерзлой толщи;

температурный режим грунтов;

сезонное и многолетнее оттаивание и промерзание грунтов;

криогенные текстуры грунтов;

температурно-прочностное состояние грунтов;

физические, теплофизические и механические характеристики грунтов;

мерзлотные физико-геологические процессы и явления;

радиационно-тепловой баланс поверхности грунтов;

характеристика сейсмической интенсивности территории в целом и отдельных ее участков (в сейсмоопасных районах).

Указанные условия строительства при изысканиях определяются в их естественном состоянии и в их статике, т.е. их качественные характеристики и количественные значения в той или иной степени справедливы лишь для момента их определения. Поскольку во времени и в пространстве эти условия под воздействием различных естественных и антропогенных факторов изменяются, то для проектирования необходимо знать динамику их изменений при строительстве, а также в течение всего времени эксплуатации проекти-

руемых объектов, что собственно и составляет задачу мерзлотного прогноза при изысканиях.

Важнейшей чертой определения этих условий и их изменений является комплексность. Это является отражением взаимосвязи, существующей между факторами природной обстановки, и выражается в том, что при изучении природных условий строительства их составляющие рассматриваются с выявлением и учетом существующих между ними зависимостей.

Характер сведений о мерзлотных инженерно-геологических условиях, необходимых для обоснования различных видов строительства, различен. Эти различия относятся к перечню необходимых материалов и к детальности их изучения. Такие различия обуславливают разницу в содержании изысканий, а также в частных задачах и методике изысканий и прогноза.

На основе изучения опыта проектно-изыскательских работ для разных видов строительства и соответствующего анализа выделяются следующие группы видов строительства, характеризующихся в своих пределах относительной общностью частных задач, содержания и методики изысканий и прогноза:

1) промышленные, сельскохозяйственные и транспортные предприятия;

2) города и поселки;

3) инженерные и дорожные сети предприятий, городов и поселков;

4) гидротехнические сооружения (3 группы);

5) подземные сооружения (не классифицированы);

6) магистральные линейные сооружения (не классифицированы);

7) мосты;

8) аэродромы.

Изыскания для разработки районных планировок и технико-экономического обоснования территориальных промышленных комплексов следует признать аналогичными изысканиями для выбора пункта (района) строительства, которые упоминались в настоящем параграфе выше.

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость дифференцированного подхода к разработке методики изысканий в целом и прогноза в частности.

В связи с этим, в настоящей методике рассматриваются вопросы мерзлотного прогноза для первой и второй групп видов строительства (для этих групп существуют различия в методике собственно изысканий).

Характер сведений, получаемых при изысканиях, определяется не только видом строительства, но и этапом изыскательских работ. Для определенного вида строительства в зависимости от задач, решаемых на определенном этапе изысканий, устанавливаются содержание и методика изысканий. Следует отметить, что эти задачи безусловно соотносятся с задачами разработки ТЭО и стадий строительного проектирования.

При изысканиях на I, 2 и 3 этапе основным принципом оценки территории является типизация мерзлотных инженерно-геологических условий исследуемой территории, а на последнем этапе - их дифференциация для тех или иных точек изучаемого участка.

Характеристика мерзлотного прогноза при изысканиях

Выше указывалось, что предметом изучения при изысканиях являются мерзлотные инженерно-геологические условия строительства на какой-либо территории. Предметом исследований при составлении мерзлотного прогноза, в свою очередь, являются изменения этих условий под воздействием различных факторов.

Характер изучения динамики мерзлотных инженерно-геологических условий при изысканиях определяются прежде всего тем, что прогноз составляется в связи со строительством конкретных зданий и сооружений. Это важное обстоятельство обуславливает:

расчетный срок прогноза;

характер учета изменений геолого-географической среды строительства;

особый характер стадийности прогноза.

Расчетный срок прогноза определяется в общем случае расчетным сроком эксплуатации проектируемых объектов, поскольку изменения условий будут происходить и воздействовать на эти объекты в течение всего времени их существования.

Отсюда следует, что при прогнозе должны изучаться, а при проектировании учитываться те изменения, величина которых будет ощутимой в течение срока прогноза.

Рассмотрим в связи с этим вопросы учета факторов, вызывающих изменения природной обстановки. Выделяется 3 группы таких изменений:

происходящих в ходе естественно-исторического процесса;

вызванных хозяйственным освоением обширных территорий;

обусловленных непосредственным воздействием строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Изменения, вызванные действием естественных факторов большей частью сказываются весьма медленно (кроме вызванных короткопериодными циклическими колебаниями климата), ощутимо выражаясь в геологическом масштабе времени, и учет вызывающих эти изменения факторов в целях прогноза затруднителен и в данном случае нецелесообразен.

Практически невозможно обоснованно учесть при прогнозе для целей строительства относительно короткопериодные колебания климата, а также резко интенсивные геологические процессы, так как в настоящее время предсказание их количественного выражения или появления вообще практически является еще неразрешенной задачей.

В силу изложенного, при мерзлотном прогнозе в данный момент возможен относительно надежный учет тех естественных изменений исследуемых условий, которые связаны с периодическими сезонными изменениями климата.

Изменения мерзлотной обстановки, происходящие на обширных территориях в связи с хозяйственным освоением обширных территорий, обуславливаются такими факторами, как появления площадок и трасс строительства, частичная вырубка леса, нарушение естественного режима снежного покрова и растительного покрова, появление участков разработки стройматериалов, прокладка временных дорог и т.д.

Такие факторы оказывают как непосредственное, так и опосредствованное влияние на природную среду.

Изменения, вызываемые непосредственным воздействием, технически учитываются достаточно легко. Возникающие здесь затруднения связаны с тем, что для изучения таких изменений должны проводиться работы за пределами площадок изысканий.

Эти же факторы в целом по району влияют на газовый состав воздуха и его запыленность, величину альбедо, характер испаре-

ния, конденсации и теплообмена грунтов с атмосферой, что в конечном итоге вызывает определенные сдвиги в величинах радиационно-теплового баланса поверхности и температуры воздуха.

Такие изменения могут быть выявлены путем достаточно длительных режимных наблюдений, поэтому при изысканиях особенно в необжитых районах их учет, как правило, затруднен.

В целом при исследовании изменений на территории, окружающей площадку, вызванных влиянием ее хозяйственного освоения, их количественный учет следует производить в тех случаях, когда сфера этих изменений затрагивает площадку строительства.

Следует отметить в связи с этим, что РСН 31-69 предусматривает увеличение номинального размера площадок при изысканиях на выбранной площадке в 1,5-2 раза, а РСН 42-74 - создание системы резервных площадей при изысканиях для проектов планировки и детальной планировки городов и поселков.

Влияние на мерзлотные инженерно-геологические условия практически всех факторов, обусловленных строительством и эксплуатацией проектируемых на площадке зданий и сооружений, не вызывает каких-либо затруднений.

Таким образом, при составлении мерзлотного прогноза учитываются:

изменения, вызванные циклическими сезонными изменениями климата;

изменения, обусловленные хозяйственным освоением территории, если их сфера затрагивает площадку;

изменения, обусловленные непосредственным воздействием проектируемого на площадке строительства.

В связи с указанными ограничениями предметом изучения при составлении мерзлотного прогноза при изысканиях являются следующие элементы мерзлотных инженерно-геологических условий:

температурный режим грунтов;

площадное распространение вечномерзлых и талых грунтов;

мощность и вертикальное строение вечномерзлой толщи;

сезонное и многолетнее оттаивание и промерзание грунтов;

физические, теплофизические и механические характеристики грунтов (динамика влажности и изменчивость криогенных текстур не рассматриваются в связи с отсутствием соответствующих практических методик).

Так как нормативные документы (РСН-3I-69) предусматривают выбор площадок, в частности, вне участков развития мерзлотных физико-геологических процессов, а также вне зон тектонических нарушений, соответствующие элементы природных условий при прогнозе не рассматриваются.

Однако на площадках строительства определяется возможность возникновения указанных процессов.

Обязательным элементом мерзлотного прогноза является сейсмическое микрорайонирование площадки в измененных мерзлотных инженерно-геологических условиях независимо от метода микрорайонирования.

Наряду с другими факторами исходными при составлении прогноза являются следующие условия (их естественные изменения в данном случае не учитываются):

геоморфология и рельеф;

геоботанические условия;

геологическое строение;

литологический состав грунтов.

В случае искусственного преобразования указанных условий при строительстве соответственно изменяются исходные условия мерзлотного прогноза.

При мерзлотном прогнозе учитываются также (в качестве граничных условий):

температурный режим воздуха;

осадки;

радиационно-тепловой баланс поверхности.

Эти элементы учитываются в пределах среднего естественного годового цикла их колебаний.

В качестве граничных условий при прогнозе учитывается также тепловое влияние всех проектируемых на площадке зданий и сооружений.

Процесс прогнозирования при изысканиях является ступенчатым, что связано с различием задач изысканий на каждом этапе изысканий.

В соответствии с этим на различных этапах изысканий при прогнозировании в целом решаются различные задачи, что вызывает различия в характере и полноте исследуемых изменений и, в ко-

нечном итоге, содержании и методике прогноза. Последнее обстоятельство диктуется необходимостью осуществления работ в определенные ограниченные сроки и приемлемой стоимостью работ при безусловной надежности материалов прогноза.

Задачи мерзлотного прогноза на различных этапах изысканий

При изысканиях для выбора пункта строительства, когда в целом сопоставляются мерзлотные инженерно-геологические условия различных достаточно обширных районов, их оценка, как правило, производится на основе сравнения различных природных факторов в их естественном состоянии, т.е. специально прогноз не выполняется.

Однако при необходимости более детальной оценки изучаемых природных факторов, прогноз на этом этапе может быть выполнен применительно к изложенному для прогноза при выборе площадки строительства.

Вследствие этого задачи прогноза в данном параграфе, а также его содержание и методика в последующих разделах излагаются, начиная прогноза при изысканиях для выбора площадки строительства.

Как отмечалось в предыдущем параграфе в данной методике рассматриваются изменения не всех составляющих мерзлотных инженерно-геологических условий, а определенного (указанного в § 2) комплекса этих условий, что обеспечивают в целом надежное и экономически целесообразное проектирование строительства. Следует также отметить, что при решении некоторых частных задач прогноза этот комплекс также ограничивается, что обусловлено содержанием данной конкретной задачи.

П р о г н о з при выборе площадки строительства. На данном этапе изысканий необходимо выбрать участок исследуемой территории, который по своим мерзлотным инженерно-геологическим условиям был бы наиболее благоприятен для строительства. Опыт показывает, что в этом случае желаемого результата можно достичь, рассматривая ограниченный комплекс упомянутых условий, а достаточным критерием может служить величина их возможных наибольших изменений.

Задачу мерзлотного прогноза на этом этапе изысканий можно сформулировать следующим образом:

оценка и сопоставление характера и величины вероятных наибольших изменений ограниченного комплекса мерзлотным инженерно-геологических условий различных участков территории (вариантов площадки) и определение наиболее благоприятного из них для строительства.

П р о г н о з на выбранной площадке строительства. Мерзлотный прогноз на выбранной площадке строительства должен обеспечить своими материалами следующее:

наиболее благоприятное размещение проектируемых на площадке зданий и сооружений с учетом их характеристик;

разработку технических решений их оснований и фундаментов.

Основой для оптимального размещения проектируемых объектов является типизация мерзлотных инженерно-геологических условий площадки, т.е. ее районирование, выполняемое при изысканиях. Выделяя однородные инженерно-геологические комплексы, сформировавшиеся в ходе естественно-исторического процесса, следует ожидать единообразных изменений мерзлотных инженерно-геологических условий в их пределах при однообразном воздействии на эти комплексы. Указанный подход определяет конкретные задачи прогноза на данном этапе изысканий.

Для целей районирования предварительно решается следующая задача:

определение среднегодовой температуры грунтов, глубин распространения годовых колебаний температуры, полных и нормативных глубин сезонного оттаивания и промерзания грунтов в каждом микрорайоне площадки, а также приращения сейсмической интенсивности в каждом микрорайоне сравнительно с фоновой сейсмичностью.

Вторая задача прогноза определится из условия необходимости использования принципа однородности воздействий на выделенные инженерно-геологические комплексы:

объединение зданий и сооружений, проектируемых на площадке, в группы, однородные по тепловыделению, величине и характеру нагрузок с учетом их конструктивных особенностей и условий взаимного размещения.

Подобная группировка объектов обеспечивает не только рациональное прогнозирование. В однородных мерзлотных инженерно-

геологических условиях для однородных групп зданий или сооружений облегчаются разработка технических решений оснований и фундаментов, строительство и эксплуатация проектируемых объектов, а также разработка и осуществление необходимых защитных мероприятий.

В целях определения наиболее рационального размещения тех или иных групп проектируемых объектов в пределах площадки должна быть выполнена:

Оценка вероятных изменений площадного распространения, мощности и вертикального строения вечномерзлых грунтов, сезонного промерзания и оттаивания грунтов, их свойств и сейсмичности в результате строительства в тех или иных микрорайонах площадки выделенных групп зданий и сооружений.

После решения этой задачи становится возможной разработка рекомендаций по размещению проектируемых зданий и сооружений (должно быть согласовано с проектной организацией), что дает возможность более детального изучения изменчивости условий для получения материалов, необходимых для разработки технических решений оснований и фундаментов. Следующая задача составления прогноза, таким образом, формулируется как определение изменений температурного режима, площадного распространения, мощности и вертикального строения вечномерзлых грунтов, сезонного и многолетнего промерзания грунтов, их температурно-прочностного состояния и свойств в связи со строительством конкретных зданий и сооружений в каждом микрорайоне площадки, а также приращений сейсмической интенсивности этих микрорайонов в измененных мерзлотных условиях.

При решении этой задачи в каждом случае рассматриваются варианты сохранения и ликвидации вечномерзлого состояния грунтов оснований, исключая случаи, когда сохранение вечномерзлого состояния без устройств принудительного охлаждения по опыту местного строительства или по данным предварительного анализа невозможно.

Поскольку на данном этапе изысканий конкретные характеристики условий на участках размещения проектируемых объектов, как правило неизвестны, при прогнозе следует исходить из средних значений указанных условий для соответствующих микрорайонов.

П р о г н о з на конкретных участках размещения проектируемых зданий и сооружений. На данном этапе изысканий, как известно, детализируются сведения о мерзлотных инженерно-геологических условиях на упомянутых конкретных участках. Мерзлотный прогноз в данном случае также представляет собой уточнение материалов прогноза применительно к этим участкам, полученных на предшествующем этапе по микрорайонам в целом (последняя задача), но с учетом принятых технических решений оснований и фундаментов (принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований, типы и параметры фундаментов, планировка, противомерзлотные мероприятия и т.п.).

Этим исчерпываются задачи прогноза при изысканиях.

Анализ изменений, исследуемых при прогнозе, позволяет также сделать заключение о возможности возникновения на площадке мерзлотных физико-геологических процессов (термокарст, бугры пучения, грунтовые наледи, оползни и т.п.), что дает возможность проектирования соответствующих защитных противомерзлотных мероприятий.

При решении каждой из указанных задач прогноза, кроме прочего, определяются изменения либо тех или иных характеристик температурного режима грунтов, либо температурного режима в целом. Температурный режим некоторой грунтовой области исследований за какой-либо промежуток времени описывается последовательной совокупностью температурных полей, определяемых в этой области в течение указанного промежутка времени.

Под температурным полем грунтовой области исследований в какой-либо момент времени понимается совокупность значений температур грунта (распределение температур) в различных точках области исследований в этот момент времени. К характеристикам температурного режима грунтов также относят среднегодовую температуру грунтов, глубины оттаивания - промерзания и т.п.

При выборе площадки и на выбранной площадке, как указывалось, выделяются участки, отличающиеся однородностью мерзлотных инженерно-геологических условий. Поэтому характеристики температурного режима, определенные в нескольких точках такого участка, достаточно достоверно характеризуют участок в целом. Такие характеристики температурного режима грунта следует называть обобщенными.

При строительном освоении территории, когда условия теплообмена на поверхности грунтов и соответственно их температурный режим преобразуются, как правило, редко и незакономерно, уменьшается возможная степень пространственного обобщения характеристик температурного режима.

Поэтому обобщенные характеристики температурного режима грунтов используются для его отображения только в естественных условиях (прогноз при выборе площадки и при районировании выбранной площадки).

В остальных случаях те или иные составляющие температурного режима характеризуют только точку, для которой они определены. Поэтому они должны определяться в любой необходимой точке термоактивной зоны оснований (под термоактивной зоной понимается грунтовая область, в пределах которой температурный режим меняется под влиянием соответствующего здания или сооружения).

Прогноз изменений температурного режима грунтов может выполняться приближенными аналитическими методами, с помощью моделирования, а также численными методами с использованием ЭЦВМ.

При изысканиях, как правило, используются аналитические и численные методы. Выбор того или иного метода определения составляющих температурного режима или режима в целом зависит от конкретной задачи прогноза и этапа изысканий.

II. ПРОГНОЗ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ ВЫБОРА ПЛОЩАДКИ

Решение задачи прогноза при выборе площадки строительства основывается на применении таких критериев оценки изменений мерзлотных инженерно-геологических условий, которые позволяют надежно определять площадку с наиболее благоприятными для строительства условиями. Кроме того, использование таких критериев должно обеспечивать достаточную "технологичность" изысканий и собственно прогноза. Последнее условие следует понимать как необходимость использования таких методов прогноза, которые позволят надежно решить его задачу наименее трудоемким способом и в рамках изысканий.

В связи с указанным, мерзлотное прогнозирование на данном этапе изысканий прежде всего основывается на типизации мерзлот-

ных инженерно-геологических условий района выбора площадки строительства, т.е. на районировании.

Мерзлотное инженерно-геологическое районирование исследуемой территории производится на основе ее ландшафтного районирования, масштаб которого находится в пределах I:25000 - I:10000. При ландшафтном районировании, по возможности, производится непосредственное дешифрирование некоторых составляющих мерзлотных инженерно-геологических условий.

На основе ландшафтного районирования и инженерно-геологического дешифрирования с обязательным использованием материалов предшествующих исследований и изысканий прежде всего выделяются участки, заведомо опасные для строительства или требующие особо сложной инженерной подготовки.

К таким участкам относятся склоны и прилегающие к ним площади, участки развития мерзлотных физико-геологических процессов и явлений, торфяники, участки вероятного развития грунтовых наледей, зоны тектонических нарушений и участки с повышенной (относительно фоновой) сейсмической интенсивностью.

После выделения таких участков остальная часть территории используется для выбора площадки строительства. Оценка территории и выбор площадки производятся следующим образом:

выделяются участки, где вероятная изменчивость мерзлотных инженерно-геологических условий будет абсолютно наименьшей;

среди последних выделяются участки, где изменчивость условий будет влиять на проектируемые здания и сооружения в наименьшей степени.

Для выявления участков с абсолютно наименьшей изменчивостью решающее значение приобретают сведения о геологическом строении исследуемого района, составе, происхождении и возрасте грунтов, геоморфологии, гидрогеологических условиях, распространении вечномерзлых грунтов.

Предварительно эти данные определяются по материалам геологической и гидрогеологической государственных съемок и затем уточняются в ходе мерзлотного обследования территории, выполняемого на этом этапе изысканий.

В качестве участков, обладающих абсолютно наименьшей изменчивостью вообще, рассматриваются:

участки с преимущественным распространением талых или маломощных вечномерзлых грунтов;

участки преимущественного распространения грунтов интрузивного, метаморфического и эффузионного генезиса, а также осадочных дочетвертичных грунтов;

участки преимущественного распространения гравийно-галечниковых и обломочных грунтов;

участки, характеризующиеся наибольшей однородностью мерзлотных инженерно-геологических условий в целом.

Обоснование выделения перечисленных участков в качестве наиболее благоприятных заключается в следующем: строительство на талых грунтах даже самых неблагоприятных, как правило, не характеризуется изменением их прочностных и деформационных свойств при изменении условий теплообмена на поверхности грунтов, что является неизбежным следствием строительства. Указанное обстоятельство в целом значительно упрощает проблему использования таких грунтов в качестве оснований сравнительно с мерзлыми (при этом должны предусматриваться рекомендации по предотвращению возможности появления новообразований вечномерзлых грунтов).

На участках маломощных вечномерзлых грунтов в качестве оснований можно использовать подстилающие их талые грунты.

Следует отметить, что в районах с высокой сейсмической интенсивностью, где преимущественно развиты вечномерзлые грунты, вышеуказанные участки могут быть отнесены к категории благоприятных лишь в тех случаях, когда на окружающих вечномерзлых грунтах проектируемые здания или сооружения не могут быть выстроены с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований.

В этих случаях дополнительным фактором для суждения о степени благоприятности участков с вышеуказанными условиями будет являться наличие или отсутствие грунтовых вод, а также глубина их залегания (безусловно учитывается и вероятность их появления при строительстве и эксплуатации проектируемых объектов).

В грунтах изверженных, метаморфических и эффузивных, а также в осадочных дочетвертичных грунтах с прочной цементацией жесткие кристаллизационные или цементационные связи и, следовательно, механические свойства талых грунтов при изменении условий теплообмена на поверхности либо не меняются совсем, либо меняются незначительно. Кроме того, в сейсмических районах

грунты такого типа обладают меньшей сейсмической опасностью сравнительно с так называемыми "средними" грунтами.

Указанные положения не следует распространять на кору выветривания этих грунтов, а также в отдельных случаях на трещиноватые тектоногенные зоны.

Нечетвертичные осадочные грунты, не имеющие жестких цементационных связей, обладают большей плотностью сравнительно с четвертичными грунтами и относительно меньшей изменчивостью при изменении условий теплообмена на дневной поверхности, что уменьшает вероятные величины их осадок при оттаивании и уплотнении под нагрузкой. Такие грунты сравнительно с четвертичными, как правило, более благоприятны в сейсмическом отношении.

Однородность мерзлотных инженерно-геологических условий является фактором, благоприятность которого для проектирования и строительства общеизвестна и не нуждается в специальных пояснениях.

При оценке участков по указанным выше условиям в обязательном порядке учитываются их рельеф. Рельеф определяет необходимость и характер планировочных работ, т.е. срезки или подсыпки грунта, которые могут радикально изменить характер теплообмена, достоверное суждение о чем может быть получено лишь методами численного анализа при детальном прогнозировании. Поэтому при выборе площадки однородность геоморфологических условий вообще и ровность поверхности, в частности, следует считать важными благоприятными факторами.

Необходимо сделать замечание о том, что на вечномерзлых грунтах вообще срезка является крайне неблагоприятным фактором, так как почти всегда приводит к образованию термокарстового или термоэрозионного процессов и др. С другой стороны, в сейсмоопасных районах насыпные грунты являются более опасными сравнительно с грунтами естественного сложения.

Ввиду этих обстоятельств оценка тех или иных участков при выборе площадки должна также основываться на анализе вероятного характера планировки территории и в связи с этим возможностей применения тех или иных технических решений оснований и фундаментов и размещения проектируемых объектов, обеспечивающих достаточную надежность строительства.

При оценке участков, кроме рельефа, подобным же образом следует учитывать также характер распределения и мощность снежного покрова, так как удаление мощного снежного покрова при строительстве часто приводит к необратимым изменениям температурного режима грунтов.

После описанной оценки района работ и выбора участков с наименьшей абсолютной изменчивостью условий из их числа выбираются возможные варианты площадки строительства.

Методика прогнозирования далее рассматривается для участков, сложенных преимущественно вечномерзлыми дисперсными грунтами, так как в остальных случаях, как правило, площадка достаточно уверенно выбирается на основе качественной оценки абсолютной наименьшей изменчивости условий. Для талых грунтов при этом должны определяться возможности возникновения при строительстве новообразований вечномерзлых грунтов и соответственно изменение их свойств.

Оценка и сопоставление намеченных вариантов площадки производится по материалам их мерзлотного обследования, а также буровых, геофизических, термокаротажных и лабораторных работ. Основой оценки рассматриваемых вариантов площадки является характеристика слагающих их литолого-генетических типов грунтов, поскольку это дает возможность сопоставлять закономерные ассоциации мерзлотных инженерно-геологических условий.

В связи с этим на вариантах площадки предварительно устанавливаются геологическое строение и степень его однородности, однородность состава и свойства грунтов, а также другие необходимые характеристики геологической среды строительства.

При дальнейшей оценке определяются изменения тех элементов мерзлотных инженерно-геологических условий, которые могут оказать непосредственное влияние на устойчивость проектируемых зданий и сооружений.

Поскольку при прочих равных условиях рассматриваемые ниже характеристики зависят от состава грунта, сопоставляемые участки следует классифицировать и по этому признаку (в данном случае состав грунта определяется его дисперсностью).

Для оценки вариантов площадки затем рассматриваются следующие элементы мерзлотных инженерно-геологических условий:

суммарная влажность грунтов;

объемная льдистость;

засоленность;

среднегодовые температуры грунтов;

глубины сезонного оттаивания и промерзания.

Все эти характеристики имеют взаимообусловленный характер, поэтому их раздельное рассмотрение предполагает наличие прочих равных условий. Обоснование указанных критериев оценки заключается в следующем:

Суммарная влажность в мерзлых грунтах прямо определяет величину их льдистости, т.е. их прочностные и деформативные свойства. От вида и количества льда и криогенного строения грунта непосредственно зависят его реологические свойства.

Засоленность непосредственно влияет на прочностные и деформативные свойства грунта, так как определяет его температуру замерзания и тем самым - количество льда в грунтах при данных температурах.

Поскольку характер влияния этих характеристик на состояние и свойства грунта известен, можно сделать вывод, что наиболее благоприятными будут участки с наименьшими суммарной влажностью, льдистостью и засоленностью, а в целом, как правило, участки с наименее дисперсными грунтами.

При одинаковых воздействиях зданий или сооружений на талые грунты они будут обладать меньшей изменчивостью сравнительно с грунтами более влажными, льдистыми или засоленными.

Детальная оценка изменений сейсмичности при изменении указанных характеристик грунтов уверенно может быть выполнена лишь по данным инструментального сейсмического микрорайонирования, где будут учтены и другие конкретные условия (мощности тех или иных грунтовых разностей, сочетание их в разрезе и т.п.), так как изменение сейсмичности в данном случае может существенно зависеть именно от них.

Далее производится оценка и сопоставление среднегодовых температур грунтов и глубин сезонного оттаивания и промерзания.

Наиболее низкие температуры грунтов и меньшие глубины оттаивания-промерзания характеризуют более консервативные мерзлотные условия, для изменения которых требуются большие воздействия. Такие условия в целом являются благоприятным признаком, имея

существенное значение при строительстве с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований.

При строительстве без сохранения мерзлоты эти условия будут характеризовать более низкие темпы изменений. Кроме того, эти условия являются более благоприятными в сейсмическом отношении.

Необходимо сделать следующее замечание:

Более низкие среднегодовые температуры и меньшие глубины оттаивания-промерзания часто связаны с дисперсными льдистыми грунтами. Поэтому выбор наилучшего участка по указанным выше условиям следует осуществлять, рассматривая вероятные изменения всего их комплекса.

Следующим шагом прогноза на данном этапе изысканий является оценка вариантов площадки с учетом конкретного строительства. Здесь упоминавшийся комплекс условий (влажность, льдистость и т.д.) рассматривается уже на фоне конкретных изменений площадного распространения, вертикального строения и мощности вечномерзлых грунтов, которые произойдут в связи со строительством на тех или иных рассматриваемых участках.

Учет влияния строительства и эксплуатации проектируемых зданий и сооружений в принципе должен обеспечить выбор такой площадки из числа нескольких благоприятных участков, где влияние изменения условий на проектируемые объекты будет наименьшим. Тем не менее, на данном этапе изысканий нецелесообразно проводить детальное изучение изменчивости мерзлотных условий в связи со строительством.

Практика показывает, что для вполне уверенного суждения в данном случае достаточно определить и сопоставить вероятные глубины оттаивания грунтов оснований:

в случае применения холодных подполий;

при непосредственном контакте зданий с грунтом (без подполий).

Оценка этих глубин для различных вариантов площадки производится соответственно по указаниям п.4,2 главы СНиП-П-Г.6-66 и по формуле (52) этой же главы СНиП.

Нормативные глубины сезонного оттаивания определяются в соответствии с указаниями раздела 4 РСН-31-69 или по формуле (42) главы СНиП-II-Г.6-66. В данном случае в расчет следует принимать характеристики

характеристики наиболее тепловыделяющего здания или сооружения.

Наилучшим следует считать участок, где глубины оттаивания грунтов будут наименьшими, что также согласуется с существующими представлениями об увеличении сейсмической интенсивности при оттаивании грунтов.

Для зданий с холодными подпольями, помимо указанного, определяется максимальная температура грунтов оснований на глубине годовых нулевых амплитуд по формуле (10) главы СНиП-II-Г.6-66, причем в качестве температуры используется значение среднегодовой температуры грунтов, определяемой по указаниям раздела 4 ВСН 31-69.

Глубина распространения годовых колебаний температуры в грунтах (глубина годовых нулевых амплитуд) также определяется в соответствии с указаниями упомянутого раздела ВСН 31-69.

Наиболее благоприятными следует считать участки, где максимальная отрицательная температура будет более низкой, так как это обеспечивает более благоприятные условия расчета фундаментов по первому предельному состоянию. Кроме того, сейсмическая интенсивность ниже в грунтах с более низкими температурами.

После того, как указанным путем определены характер и ориентировочные величины изменений исследуемого комплекса мерзлотных инженерно-геологических условий на различных вариантах площадки, выбор площадки строительства может быть осуществлен достаточно обоснованно.

III. ПРОГНОЗ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ НА ВЫБРАННОЙ ПЛОЩАДКЕ

Прогноз при изысканиях на выбранной площадке строительства складывается из решения задач, указанных в разделе I. Для мерзлотного инженерно-геологического районирования площадки определяются вероятные значения среднегодовой температуры грунтов, глубины распространения годовых колебаний температуры, полных и нормативных глубин сезонного оттаивания и промерзания грунтов в соответствии с изложенным в разделе 4 ВСН 31-69. Указанные обобщенные характеристики температурного режима должны быть установлены для каждого микрорайона площадки, выделенного при ее ландшафтном микрорайонировании на карте масштаба 1:10000-1:5000. На основе этой карты по материалам буровых, геофизических, термокаротажных и лабораторных работ с учетом материалов прогноза

составляется карта мерзлотного инженерно-геологического районирования выбранной площадки того же масштаба, что и карта ландшафтного районирования. Для каждого элементарного таксономического подразделения, выделенного при районировании, устанавливается сейсмичность, определенная по данным инструментального сейсмического микрорайонирования или же путем анализа мерзлотных инженерно-геологических условий применительно к изложенному в "Основных положениях производства инженерно-геологических изысканий для технического проекта объектов обустройства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали" (согласованы институтом "Гостиипротранс" 27 марта 1975 г.).

К карте мерзлотного инженерно-геологического районирования площадки составляется таблица (Приложение I), в которой приводятся материалы, обосновывающие районирование, и в которой производится классификация выделенных участков по степени сложности их строительного освоения. Эта классификация характеризует участки в их естественном состоянии (в том числе в периодическом цикле сезонных изменений) и является основой их оценки для целей размещения зданий и сооружений.

Решение двух следующих задач прогнозирования имеет целью получение материалов для обоснованного размещения на площадке (в пределах тех или иных выделенных микрорайонов) проектируемых зданий и сооружений.

Прежде всего, производится классификация проектируемых зданий по характеру и величине их энергетического воздействия на грунты оснований, т.е. по тепловыделению и нагрузкам.

Поскольку такая классификация в конечном итоге является производной от количественной характеристики взаимодействия проектируемых объектов с геолого-географической средой строительства, строгой классификации в данном случае произвести нельзя. Выделение групп зданий и сооружений следует производить по признаку энергетической однородности проектируемых объектов. Выделяются следующие группы проектируемых зданий и сооружений:

с обычным (типа жилых зданий) тепловыделением;

с повышенным тепловыделением (горячие производства);

с пониженным тепловыделением (склады и т.п.);

без тепловыделения (неотапливаемые здания и сооружения);

с поглощением тепла на контакте с грунтами (технологические установки);

с вероятными утечками воды (производства с мокрым технологическим процессом и т.п.);

со статическими нагрузками;

с динамическими нагрузками

и дополнительно в числе последних - с вибрационными нагрузками.

Выделяемые группы зданий и сооружений должны характеризоваться определенной общностью той или иной совокупности перечисленных признаков, обеспечивающей относительную однородность их воздействия на грунты.

После этого состав выделенных групп дополнительно уточняется (дифференцируется):

по значимости зданий и сооружений (социальной и экономической);

чувствительности к неравномерным вертикальным перемещениям;

конструктивным особенностям.

Следующая задача заключается в определении таких микрорайонов площадки, которые будут наиболее благоприятны для строительства тех или иных выделенных групп проектируемых зданий и сооружений. В целом задача прогноза совпадает с задачей прогноза при выборе площадки.

Однако нижеследующие особенности работ при выборе площадки и на выбранной площадке определяют различия в методике прогноза:

а) на выбранной площадке, как правило, не может быть резких различий между ее участками в геологическом строении, генезисе, составе и свойствах грунтов, в геоморфологии и собственно мерзлотных условиях;

б) на выбранной площадке детальность инженерно-геологических работ гораздо выше, чем при выборе площадки;

в) при выборе площадки оценка условий ее вариантов производится по принципу "лучше - хуже". На выбранной площадке этот принцип применяется для предварительной оценки лишь участков, так как в дальнейшем должны быть найдены оптимальные сочетания тех или иных проектируемых объектов и микрорайонов площадки.

Первая отмеченная особенность приводит к тому, что выбраковка отдельных участков площадки может быть лишь следствием ошибок, допущенных при выборе площадки. Вследствие этого отпадает необходимость выделения на выбранной площадке опасных для строительства участков, а также и особо благоприятных сравнительно с другими.

Большая детальность прогноза обеспечивается высокой детальностью мерзлотного инженерно-геологического районирования площадки, что дает возможность выявить и детально учесть изменчивость условий каждого микрорайона.

Третья особенность методики прогноза заключается в том, что должны быть определены такие участки, изменения условий которых будут наиболее благоприятны для строительства определенных групп зданий и сооружений.

Оценка микрорайонов площадки начинается с сопоставления комплексов их мерзлотных инженерно-геологических условий без учета влияния строительства. Как и при выборе площадки основным принципом оценки здесь будет принцип наименьшей изменчивости условий, что дает возможность использовать на этой стадии оценки те же критерии.

Дополнительным благоприятным признаком может служить наименьшая интенсивность развития растительного покрова, что обусловит менее резкие изменения условий теплообмена на поверхности грунтов при удалении растительности. Таким же признаком будет являться ровность поверхности.

В результате этой оценки и сравнения появляется возможность классифицировать все микрорайоны площадки по степени благоприятности их условий вообще (безотносительно к конкретным зданиям и сооружениям). Влияние зданий и сооружений здесь оценивается несколько иным образом, чем при выборе площадки.

Прежде всего необходимо определить возможность строительства с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований на данной площадке и в том числе дифференцировано по группам зданий и на различных участках. Наилучшим критерием здесь является опыт местного строительства при наличии соответствующих аналогов. Если такие аналоги отсутствуют, то суждение выводится на основе анализа конкретных условий. Практика свидетельствует о том, что сохранение вечномерзлого состояния грунтов оснований без специ-

альных устройств принудительного охлаждения, как правило, затруднено в следующих случаях:

при среднегодовых температурах грунта выше -1°С;

для объектов с повышенным тепловыделением;

для объектов с возможными утечками воды;

для объектов с динамическими и в том числе вибрационными нагрузками на грунты.

Для остальных групп зданий и сооружений возможность сохранения вечномерзлого состояния грунтов при решении этой задачи прогноза оценивается путем анализа различных косвенных признаков, например, льдистости и засоленности. Следует также иметь в виду, что для строительства с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований наиболее благоприятны микрорайоны площадки, характеризующиеся наименьшей изменчивости условий вообще, особенно при наличии мощного снежного покрова (в естественном состоянии).

Здания и сооружения с повышенным тепловыделением, утечками и динамическими нагрузками обуславливают использование грунтов с допущением их оттаивания в процессе эксплуатации либо с предпостроечным оттаиванием. Оттаивание грунтов в процессе эксплуатации наиболее целесообразно применять для зданий и сооружений мало чувствительных к неравномерным вертикальным перемещениям на участках с наименее дисперсными грунтами и наименьшей суммарной влажностью и льдистостью, наибольшей плотностью грунтов.

Указанный анализ дает возможность предварительного размещения зданий и сооружений в различных микрорайонах площадки. При этом наиболее ответственные и чувствительные к неравномерным вертикальным перемещениям здания и сооружения размещаются на участках с наименьшей абсолютной изменчивостью условий.

После этого для каждой группы зданий и сооружений в условиях их размещения определяются глубины оттаивания грунтов под зданиями и сооружениями и прочие характеристики в варианте сохранения мерзлоты (т.е. с холодными подпольями) и без сохранения, кроме бесспорных случаев, определенных на основе предыдущего анализа. Методика их определения аналогична изложенной в предыдущем разделе

Материалы прогноза сводятся в таблицу (Приложение II), в которой также приводятся рекомендации по принципу использования

вечномерзлых грунтов в качестве оснований, по типам и глубинам заложения фундаментов и необходимым инженерным мероприятиям, разрабатываемым на основе анализа результатов прогноза. Понятно, что основой разработки рекомендаций является конкретный анализ условий строительства и комплексная оценка изменений природной среды при этом.

Задача размещения проектируемых объектов во многих случаях осложняется существованием технологических связей между зданиями и сооружениями, диктующих определенность их взаимного положения, а также другими причинами (требованиями гортехнадзора, противопожарные, санитарные нормы и пр.).

Оценки и рекомендации при решении данной задачи прогноза получают, как это и видно, при известной схематизации мерзлотных инженерно-геологических условий исследуемых микрорайонов в связи с особенностями используемых методов составления прогноза, позволяющих в общем случае достаточно эффективно решить поставленную задачу. Тем не менее, оценки изменчивости условий и суждения о целесообразности применения того или иного принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований при решении этой задачи прогноза имеют предварительный характер.

Более полная оценка изменения мерзлотных инженерно-геологических условий, позволяющая надежно и экономически целесообразно разрабатывать технические решения оснований и фундаментов проектируемых зданий и сооружений, производится при решении следующей задачи прогноза:

Разработке этой задачи должно предшествовать решение проектной организации о размещении проектируемых объектов, принятое на основе результатов решения предыдущей задачи прогноза, т.е. данная задача решается на основе принятого предварительного генерального плана площадки.

Решение задачи заключается в определении изменений температурного режима, площадного распространения вертикального строения и мощности вечномерзлых грунтов, сезонного и многолетнего оттаивания и промерзания грунтов, их температурно-прочностного состояния и свойств грунтов оснований для каждого здания или сооружения или их однородных групп - в геолого-географических условиях соответствующих микрорайонов.

Следует отметить, что в данном случае для каждого микрорайона в качестве исходных данных принимаются средние значения свойств грунтов и обобщенные характеристики температурного режима, полученные на основе равномерного инженерно-геологического опробования в условиях, когда привязка зданий и сооружений на площадке еще не производилась.

Составление прогноза здесь начинается с определения изменений температурного режима грунтов в связи со строительством конкретных зданий и сооружений. Задача прогнозирования сводится в данном случае к решению серии задач типа Стефана для многомерной анизотропной области. Большинство инженерных задач типа Стефана можно свести к двухмерному (плоскому) случаю. Поэтому при прогнозировании рассматриваются, как правило, двухмерные задачи.

При анализе существующих методов решения многомерной многофронтовой задачи типа Стефана было установлено, что при инженерно-геологических изысканиях наиболее целесообразны явные схемы численных методов решений (правила подготовки задачи к решению и апробированный алгоритм решения по явной схеме балансовым методом приведен в "Руководстве по прогнозированию температурного режима вечномерзлых грунтов оснований с помощью ЭЦВМ", ВИМД 07-72, Госглавниистройпроект Госстроя РСФСР, М., 1972).

При температурном прогнозировании, как упоминалось, в качестве исходных данных используются средние значения характеристик грунтов по микрорайонам площадки, поскольку точечные значения на участках расположения проектируемых объектов на этом этапе изысканий неизвестны. Поэтому для однородных групп зданий и сооружений, размещаемых в пределах микрорайонов, результаты прогноза будут совпадающими, а число объектов прогноза можно сократить.

Для того чтобы определять количество объектов, для которых следует выполнять прогнозирование, вводится понятие "строительного типа", характеризующегося своеобразным сочетанием типа мерзлотных инженерно-геологических условий (микрорайон площадки) и типа проектируемых зданий (по приведенной выше классификации). Число "фронтальных типов" и определяет число объектов прогноза.

Следует отметить, что когда зоны теплового влияния соседних зданий или сооружений перекрываются, их следует рассматривать совместно в одной задаче.

Для каждого "строительного типа" результаты прогнозирования изменений температурного режима грунтов должны обеспечить окончательный выбор рационального принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований, а также других технических решений оснований и фундаментов. Поэтому задача температурного прогнозирования должна решаться в двух горизонтах: варианта сохранения вечномерзлых грунтов оснований, если результаты предшествующего прогноза в этом смысле были благоприятны, и в варианте без сохранения мерзлоты.

Необходимо сделать ряд пояснений. При сохранении вечномерзлого состояния грунтов оснований допускается сезонное оттаивание грунтов оснований и их последующее промерзание как по периметру зданий и сооружений, так и в их контуре. Иногда образуется и чаша оттаивания. В последнем случае фундаменты заглубляются ниже ее подошвы в подстилающие вечномерзлые грунты в такой степени, чтобы обеспечить устойчивость здания или сооружения. Сезонное оттаивание и промерзание учитывается в этом случае расчетом фундаментов по устойчивости на воздействие сил пучения.

При решении предыдущей задачи прогноза глубина чаши оттаивания определялась из условий непосредственного контакта здания или сооружения с грунтами. Однако, сохранение вечномерзлого состояния грунтов оснований во всех случаях требует проектирования специальных мероприятий (кроме неотапливаемых объектов или объектов с отрицательной температурой). Эти мероприятия подразделяются на не требующие применения специальных источников энергии и сопряжены с их применением.

К первым относится устройство подсыпок, проветриваемых подполий, расчистка снега, применение теплообменных свай и т.д. Вторая группа мероприятий связана с использованием устройств принудительного охлаждения.

В связи с этим при температурном прогнозировании в варианте сохранения мерзлоты необходимо в решении учитывать специальные мероприятия, в предварительном порядке определенные проектной организацией (в предварительном, так как технические решения и разрабатываются на основе результатов решения данной задачи прогноза в целом).

При прогнозе в варианте ликвидации мерзлоты здания и сооружения непосредственно контактируют с грунтами.

По материалам прогнозирования изменений температурного режима грунтов оснований в различных вариантах определяются:

глубины и код сезонного оттаивания и промерзания грунтов;

динамика образования чаш оттаивания и их установившиеся очертания;

максимальные и минимальные отрицательные температуры грунтов в различных зонах основания;

температурно-прочностное состояние грунтов;

величины относительной льдистости грунтов в диапазоне температур, принимаемых грунтами на различных глубинах.

Эти данные позволяют определить наиболее целесообразный принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований, наихудшие вероятные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов оснований в течение всего срока прогноза.

Определяя по результатам прогноза целесообразность сохранения мерзлоты, нужно специально анализировать максимальные отрицательные температуры и прочностные свойства грунтов в связи с этим. Эти признаки определяют возможность деформаций грунтов под нагрузкой от веса здания или сооружения. Главой СНиП-II-Б.6-66 грунты, как известно, подразделяются на твердо- и пластичномерзлые. Первые достижения некоторого предельного состояния считаются практически несжимаемыми. Поэтому твердомерзлые по прогнозу грунты являются наиболее благоприятствующими строительству с сохранением ем мерзлоты. Пластичномерзлое состояние грунтов в этом смысле будет менее благоприятным.

В случае сохранения мерзлоты благоприятными являются наименьшие глубины оттаивания грунтов у фундаментов с условием полного промерзания оттаявшего слоя зимой.

Возможность допущения оттаивания грунтов оснований в процессе эксплуатации или целесообразность предпостроечного оттаивания грунтов исследуется путем сопоставления скорости и величины оттаивания грунтов и величины осадок в различных зонах оснований с учетом величин допустимых неравномерных осадок или данного типа проектируемых зданий или сооружений.

Прогнозные прочностные характеристики грунтов определяются по данным соответствующих таблиц главы СНиП II-Б.6-66 в соответствии со значениями прогнозных максимальных отрицательных температур в соответствующих зонах основания.

Значения относительной льдистости устанавливаются по прогнозным температурам на основании кривых льдовыделения, полученных экспериментальным путем.

Прогнозные величины осадок оттаявших грунтов оснований определяются по табличному значению модуля деформации аналогичных талых грунтов (глава СНиП II-Б.I-62).

Для грунтов, оттаивающих в процессе эксплуатации, определяют прогнозные величины конечных осадок грунтов оснований при стабилизировавшемся положении подошвы чаши оттаивания, а также промежуточные значения осадок под различными частями здания или сооружения в моменты, характеризующие наибольшую неравномерность оттаивания грунтов в этих зонах за время эксплуатации. Расчет осадок производится по физическим характеристикам грунтов (глава СНиП II-Б.6-66).

Материалы температурного прогноза дают также возможность рассчитать фундаменты на действие сил пучения. Величина удельных касательных сил пучения устанавливается на основании материалов главы СНиП II-Б.6-66 с учетом состава грунтов и прогнозных значений их температур. Глубина промерзания грунта обуславливает величину боковой поверхности фундамента, смерзающуюся с грунтом, а характер промерзания - применение соответствующих поправочных коэффициентов при расчете фундаментов на выпучивание.

При определении изменений температурного режима грунтов численными методами следует рассматривать не только область теплового влияния тех или иных проектируемых зданий и сооружений, но и совместно с ними (в пределах соответствующего микрорайона) участки, свободные от застройки, в предположении об удалении здесь снежного и растительного покрова или только растительности, что обуславливается анализом влияния строительства и эксплуатации проектируемых объектов на площадку. Целесообразно также исследовать температурный режим грунтов в разрезах, характеризующих площадку строительства в целом.

Указанные материалы прогноза дают возможность на основе анализа изменений температурного режима определить изыскания площадного распространения, вертикального строения и мощности вечномерзлых грунтов в целом в пределах площадки, обусловленные как непосредственным воздействием проектируемых зданий и сооружений, так и влиянием строительного освоения площадки.

Все приведенные выше материалы прогноза позволяют определить характер и величину изменений исследуемого комплекса мерзлотных инженерно-геологических условий в каждом микрорайоне площадки и на площадке в целом, что является достаточным основанием для разработки технических решений оснований и проектируемых зданий и сооружений.

Материалы прогноза на данном этапе изысканий в целом позволяют выявить наиболее благоприятные мерзлотные инженерно-геологические условия размещения проектируемых на площадке объектов, наметить участки их привязки в пределах микрорайона и дать обоснованные рекомендации по техническим решениям их оснований и фундаментов.

Необходимо отметить, что, в конечном итоге, целесообразность того или иного принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований и тех или иных технических решений оснований и фундаментов в целом определяется сравнением результатов расчета оснований и фундаментов по прочности, устойчивости и деформациям при разных вариантах технических решений и стоимостью строительства в связи с этим. Тем не менее, эти вопросы нельзя рассматривать в отрыве от общего характера динамики мерзлотной обстановки на площадке в целом, которая в значительной степени влияет на надежность проектных решений.

IУ. ПРОГНОЗ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ НА КОНКРЕТНЫХ УЧАСТКАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

На этом этапе изысканий прогнозирование изменений исследуемого комплекса мерзлотных инженерно-геологических условий производится для грунтов оснований каждого здания или сооружения на участке его размещения, исходя из принятых для него технических решений оснований и фундаментов. Решение данной задачи прогноза имеет в значительной степени уточняющее значение, и методика решения существенно совпадает с методикой решения последней задачи прогноза на предыдущем этапе изысканий.

В связи с указанным ниже рассматриваются особенности выполнения прогноза, вытекающие из необходимости проведения указанных уточнений.

Предварительно необходимо заметить, что при исследовании изменений температурного режима грунтов для одинаковых зданий и сооружений, когда участки их размещения аналогичны по мерзлотным инженерно-геологическим условиям, допускается решение для них одной задачи температурного прогнозирования. Как и прежде, в большинстве случаев решается двухмерная задача. Прогнозирование начинается с определения изменений температурного режима.

Для этого выбирается грунтовая область исследований, охватывающая термоактивную зону оснований, под которой понимается зона, где изменения температур обусловлены тепловым влиянием рассматриваемого в задаче здания или сооружения.

В соответствии с техническим проектом температурный режим исследуется в принятом варианте - либо с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований, либо без сохранения.

При этом появляется возможность совместного исследования температурного режима в данной термоактивной зоне и на участках, не занятых застройкой. Для последних условия теплообмена на поверхности грунтов принимаются в расчет в соответствии с проектом планировки и благоустройства площадки. Результаты такого прогноза позволяют получить достаточно полную и детальную картину изменений температурного режима грунтов, площадного распространения, вертикального строения и мощности вечномерзлых грунтов, глубин сезонного и многолетнего промерзания и оттаивания для всех микрорайонов, для площадки в целом и для конкретных участков размещения проектируемых зданий и сооружений.

На каждом из таких участков детально определяются при изысканиях состав грунтов, их суммарная влажность и льдистость, а также другие физические и теплофизические характеристики в соответствии с требованиями ГСН 31-69. С учетом изменений температурного режима грунтов определяются прогнозные значения теплофизических характеристик по данным лабораторных исследований.

При прогнозных значениях максимальных отрицательных температур с учетом состава и влажности (льдистости) грунтов определяются прочностные и деформационные свойства грунтов. Прочностные свойства принимаются по табличным данным главы СНиП II-Г.6-66, а деформационные свойства - по результатам лабораторных определений. При этом определяются только такие механические свойства грунтов, которые будут использоваться для расчета оснований и

фундаментов данного проектируемого здания или сооружения в соответствии с техническим проектом.

При проектировании с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований должны быть определены нормативные сопротивления грунтов сдвигу и нормальному давлению. Для этого используются нормированные табличные данные.

При наличии пластичномерзлого состояния грунтов оснований в лаборатории определяются величина их сцепления и деформационные характеристики при максимальных отрицательных температурах, характеризующих соответствующие зоны основания.

Несущая способность висячих свай в пластичномерзлых грунтах, согласно требованиям главы СНиП II-Б.6-66 дол на определяться опытным путем. Однако время наступления максимальных отрицательных температур на различных глубинах неодинагово и, кроме того, максимальные температуры в естественных условиях могут быть ниже максимальных температур, формирующихся под воздействием теплового влияния проектируемых объектов. Эти обстоятельства затрудняют натурное определение несущей способности (и осадок) висячих свай при прогнозных температурах.

В связи с указанным для такого определения используется следующий метод:

несущая способность опытной сваи определяется в естественных условиях $Ф^{e}$; затем, для каждого слоя грунта в зоне положения сваи при измеренных естественных температурах по таблицам 5 и 6 главы СНиП II-Б.6-66 определяются их прочностные характеристики и по ним - несущая способность сваи - $Ф_2$ (по формуле (9) главы СНиП II-Б.6-66).

После этого аналогичным образом рассчитывается несущая способность этой сваи уже при прогнозных максимальных отрицательных температурах для каждого слоя грунта $Ф_1$.

Прогнозное значение несущей способности сваи при максимальных отрицательных температурах $Ф_{мак}$ будет равно:

$$Ф_{мак} = \frac{Ф_1}{Ф_2} = Ф^{e}.$$

По значению $Ф_{мак}$ с помощью графиков испытаний в естественных условиях "суммарная осадка - время" и "нагрузка - осадка" определяется прогнозная величина осадки сваи.

Путем полевых испытаний в некоторых случаях определяется прогнозное значение величины относительного сжатия пластично-мерзлого грунта под нагрузкой. В этих случаях испытывают последовательно слой грунта ограниченной мощности при их естественных максимальных отрицательных температурах, когда эти величины могут быть близки к прогнозным значениям максимальных отрицательных температур, т.е. в осенний период. Однако величины относительного сжатия целесообразно определять лабораторным путем при любых заданных температурах. Использование указанного выше метода пересчета также допустимо, но влечет за собой значительные объемы работ.

Для грунтов, оттаивающих по прогнозу, определяют осадку при оттаивании полевым или лабораторным путем при любой положительной температуре.

В тех случаях, когда предусматривается предпостроечное оттаивание грунтов, мерзлые грунты предварительно оттаивают и определяют для них комплекс механических характеристик, необходимых для расчета оснований и фундаментов в соответствии с требованиями главы СНиП II-Б.6-66.

У. УЧЕТ ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕПЛООБМЕНА В ГРУНТАХ ПРИ ПРОГНОЗЕ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

Подготовка задачи прогнозирования температурного режима грунтов к ее решению численными методами в целом одинакова для любого используемого метода.

Подготовка задачи к расчету заключается в определении пространственной характеристики данной конкретной задачи, выборе границ грунтовой области исследований, определении граничных условий решения, определения его начальных условий и исходных характеристик грунта.

При этих подготовительных работах важное значение приобретает правильный учет геолого-географических условий теплообмена в грунтах, обеспечивающий соответствие расчетной модели реальным условиям теплообмена в каждом данном конкретном случае.

Геолого-географическая среда теплообмена характеризуется геологическим строением исследуемой грунтовой области (области

исследований), составом грунтов в этой области, их состоянием и свойствами, а также естественными тепловыми воздействиями на грунты и условиями теплообмена на их поверхности.

Поэтому прежде всего задача учета геолого-географических условий теплообмена заключается в определении указанных характеристик в естественных условиях.

Далее, при строительном освоении территории геолого-географическая среда преобразуется под воздействием следующих факторов:

искусственных источников и стоков тепла;

изменения условий теплообмена на поверхности грунта;

непосредственных механических воздействий на грунты.

Указанные воздействия, во-первых, непосредственно преобразуют геолого-географическую среду и, во-вторых, изменяют теплообмен в ней. Измененный теплообмен, в свою очередь, оказывает влияние на геолого-географическую среду. В итоге - каждому новому уровню строительных преобразований на площадке будет соответствовать то или иное равновесное состояние геолого-географических условий теплообмена.

Следует отметить, что между воздействием на среду и установлением указанного равновесия проходит определенное время, зависящее от интенсивности воздействия.

В связи с изложенным следующей задачей учета геолого-географических условий теплообмена при прогнозе является определение непосредственных изменений элементов геолого-географической среды, вносимых строительным освоением площадки.

Последняя задача учета этих условий будет заключаться в определении изменений элементов геолого-географической среды под воздействием изменившегося теплообмена в ней для учета этих изменений при температурном прогнозе.

Здесь интерес представляют как промежуточные значения, используемые в решении характеристик геолого-географической среды теплообмена, так и их конечные значения, отвечающие некоторому сбалансированному теплообмену, сформировавшемуся в грунтах при эксплуатации проектируемых объектов.

Таким образом, процесс температурного прогнозирования сопряжен с непрерывным или ступенчатым внесением в расчет поправок на изменения, как минимум, состояния и свойств грунтов, происходящих при изменении их температур в прогнозном расчете.

Необходимо отметить, что указанная схема является наиболее общей схемой учета геолого-географических условий температурного прогнозирования, независимо от применяемого метода (аналитического, моделирования, численного) решения, но для каждой группы методов характеризуется различной детальностью. Наиболее детальный учет происходит при использовании численных методов.

Далее рассмотрены наиболее детальным образом характер и способы учета геолого-географических условий теплообмена применительно к перечисленным выше задачам такого учета.

Естественные условия характеризуют такое состояние природной среды, которое сложилось к началу данного проектируемого строительства независимо от причин, обусловивших то или иное их изменение к этому моменту.

При температурном прогнозировании учитывается состояние геолого-географической среды, сложившееся в результате ее естественно-исторических преобразований, в том числе имеющих сезонную цикличность, а также в результате действия факторов искусственного происхождения до момента начала строительства.

Поскольку между изысканиями, при которых определяются геолого-географические условия строительства, и началом строительства обычно проходит небольшое время, можно считать, что характеристика этих условий, полученная при изысканиях, будет соответствовать моменту начала строительства с учетом поправок на сезонную цикличность, а также и других поправок, если в них будет необходимость.

Характеристика грунтовой области исследований в естественных условиях складывается из определения ее геологического строения, состава ее грунтов, распространения талых и вечномерзлых грунтов, вертикального строения и мощности последних, динамики уровней грунтовых вод, глубин сезонного оттаивания и промерзания грунтов, естественной влажности, характеристик влажности, льдистости, плотности, теплопроводности грунтов.

Эти данные определяются при изысканиях, и детальность их исследования обусловлена детальностью изысканий на соответствующем их этапе, *конкретной задачей прогноза и спецификой* используемого метода температурного прогноза.

Естественные тепловые воздействия на грунты определяются

климатическими и геотермическими условиями площадки строительства, влиянием уже существующих зданий и сооружений и другими имеющимися преобразованиями природной обстановки.

Учет климатических условий основан на том, что температура воздуха и грунта является интегральным результатом процессов тепло- и массообмена в системе "атмосфера-грунт". Поэтому изменения теплообмена в грунтах в течение некоторого времени можно рассматривать как следствие изменений температур воздуха за этот период (с учетом геотермики). Аналогичный вывод справедлив и для других тепловых факторов в сфере их взаимодействия с грунтовой областью исследований.

Вследствие этого все тепловые воздействия на область исследования учитываются характеристикой хода их температуры или тепловыделения (поглощения тепла) за рассматриваемый промежуток времени. Для климатических условий это будет повторяющийся годовой цикл изменений, определенный по многолетним данным. Вообще для тепловых воздействий график их годового хода строится по среднедекадным значениям соответствующих характеристик (температуры, тепловыделения и т.п.).

Однако, в зависимости от конкретной задачи прогноза период осреднения может быть иным.

Характеристика условий теплообмена на поверхности грунтовой области исследований имеет чрезвычайно важное значение для правильного воспроизведения температурного режима грунта, поскольку формирование температур воздуха и грунта в значительной мере определяется этими условиями.

Условия теплообмена на поверхности учитываются величинами ее радиационно-теплового баланса. При температурном прогнозировании в температуры воздуха вводится поправка на величину радиационного баланса поверхности. Тепловой баланс учитывается введением фиктивной изоляции поверхности - термического сопротивления теплоотдаче с поверхности грунта. Различные покровы на поверхности (снег, насыпи и т.д.) рассматриваются как теплоизоляция и учитываются введением их термического сопротивления распространению тепла. Наряду с указанными факторами учитывается сложившийся рельеф, определяющий конфигурацию верхней границы области исследования.

Учет изменений геолого-географической среды строительства, обусловленных строительным освоением площадки, сводится к следующему:

Непосредственные изменения геолого-географической среды теплообмена по способу учета не отличаются от учета соответствующих естественных характеристик. Эти изменения обусловлены механическим преобразованием природной среды в результате срезки грунта, устройства насыпей, котлованов, траншей и т.п. и отображаются соответствующим изменением конфигурации границ области исследований, ее геологического строения, состава и свойства грунтов.

Тепловые воздействия на область исследований задаются на ее поверхности или непосредственно в области искусственными источниками и стоками тепла. Изменения температуры воздуха, обусловленные строительным освоением территории, можно учесть лишь при наличии материалов соответствующих наблюдений, которые, как правило, отсутствуют. Указанные характеристики задаются графиками их годового хода, построенного по среднедекадным данным.

Учет изменений условий теплообмена на поверхности грунтов сводится к определению характера преобразования рельефа поверхности, снега, растительности и других покровов и к внесению соответствующих изменений в конфигурацию границ области и в величины термических сопротивлений изменяемых покровов (изоляций поверхности).

Кроме того, на затененных участках не учитывается радиационный баланс поверхности, т.е. не вводится соответствующая поправка в температурный режим воздуха, или не учитывается баланс только за счет рассеянной радиации. Изменения термического сопротивления теплоотдаче с поверхности могут быть учтены лишь при наличии материалов специальных наблюдений, что при изысканиях, как правило, невыполнимо.

Изменения элементов геолого-географической среды строительства, обусловленные изменяющимся теплообменом в ней, можно разделить на две группы.

К первой относятся такие элементы, изменения которых непосредственно отображаются изменениями температурного режима и, таким образом, автоматически учитываются при прогнозировании.

Это - распространение, вертикальное строение и мощность вечномерзлых грунтов, сезонное и многолетнее промерзание и оттаивание. Ко второй группе относятся элементы, изменения которых должны определяться специально, и учитываться при решении задачи непрерывной или ступенчатой корректировкой соответствующих характеристик грунтовой области последований. Это относится к льдистости и теплофизическим характеристикам грунтов, а также к их суммарной влажности, если известны в данном конкретном случае закономерности ее изменения во времени с изменением температуры грунтов. Эти свойства грунтов должны быть охарактеризованы во всем диапазоне прогнозных температур.

Приведенные выше сведения позволяют следующим образом определить существо изменений температурного режима грунтов: на некоторую ограниченную грунтовую область исследований, начальные температуры, а также строение, сложение, состав, состояние и свойства грунтов которой известны, начинают с некоторого момента воздействовать на всех ее границах (иногда в самой области) источники и стоки тепла (граничные условия) в течение определенного времени. В течение этого времени под воздействием граничны условий в соответствии с закономерностями теплообмена (и массообмена) в грунтах происходят изменения температур, состояния и свойств. Температуры в различных точках (элементарных объемах) области формируются в зависимости от свойств грунтов в этих точках (элементарных объемах).

В соответствии с этим задачу прогнозирования изменений температурного режима грунтов в целях проектирования оснований и фундаментов в общем виде можно сформулировать следующим образом:

В области исследований М, сложенной грунтами, свойства которых $\Gamma(x, y, z, \tau)$, найти температурное поле T_I для момента времени τ_1 или последовательную совокупность температурных полей $T_I, T_2 \ldots\ldots, T_n[T(x, y, z, \tau)]$ для моментов времени $\tau_1, \tau_2 \ldots\ldots, \tau_n$, причем $\tau_0 < \tau_1 < \tau_2 < \ldots\ldots < \tau_n$ где $\tau_0 (\tau_0 = 0)$ начальный момент времени, которому соответствует температурное поле T_0 (начальные условия), если на область М в течение интервала времени $\tau_1 - \tau_0$ или $\tau_n - \tau_0$ действует на всех границах граничные условия $\Gamma(x, y, z, \tau)$ и в ней имеются источники и стоки тепла $W(x, y, z, \tau)$.

Тогда задача прогнозирования изменени свойств грунта в этой области определится как задача нахождения в любой точке области m_1 , m_2 ..... $m_n[m(x,y,z)]$ в любой момент времени $T_1, T_2 \ldots T_n$ свойств грунтов P ($m_1, m_2 \ldots m_n$) как функции температур в этих точках, т.е. P(m , T).

Изменения других характеристик мерзлотных инженерно-геологических условий определяются в связи с изменениями температурного режима, состояния и свойств грунтов в данной геолого-географической среде.

При решении конкретных задач прогноза указанная наиболее общая постановка задачи температурного прогнозирования может упрощаться. Однако при решении двух заключительных задач прогноз осуществляется в наиболее полной постановке.

Правила подготовки задачи температурного прогнозирования, вытекающие из изложенного, и правила ее расчета приведены в упоминавшемся выше "Руководстве...", где помещен также алгоритм решения методов тепловых балансов.

VI. ОТЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОГНОЗУ

Отчетные материалы по мерзлотному прогнозу на различных этапах изысканий включаются в состав соответствующих отчетов об инженерно-геологических изысканиях. Состав отчетных материалов об изысканиях устанавливается в соответствии с указаниями раздела II РСН 31-69.

При изысканиях для выбора площадки строительства в разделе отчета о мерзлотном прогнозе должны быть приведены следующие данные:

перечень опасных для строительства территорий в районе выбора площадки и обоснование их выделения на основе анализа мерзлотных инженерно-геологических условий района в целом и этих территорий с учетом особенностей и характеристик проектируемых зданий и сооружений;

перечень участков с абсолютно наименьшей изменчивостью условий, обоснование их выделения;

перечень участков, где изменчивость условий будет влиять на конкретные проектируемые объекты в наименьшей степени, и обоснование их выделения;

рекомендации по выбору площадки строительства с сопоставлением мерзлотных инженерно-геологических условий вариантов площадки и анализом их вероятных изменений при строительстве, в том числе с анализом вероятных изменений сейсмической интенсивности.

К данному разделу отчета прилагаются результаты расчета глубин оттаивания грунтов под зданиями и сооружениями с холодными подпольями и без них, значения полных и нормативных глубин сезонного оттаивания и промерзания грунтов, максимальных отрицательных температур грунтов оснований, глубина распространения годовых колебаний температуры, среднегодовых температур грунтов на различных вариантах площадки, также соответствующие графические материалы, в том числе таблица прогноза по вариантам площадки, составленная применительно к форме, помещенной в Приложении 2.

При изыскания на выбранной площадке в составе отчета приводятся следующие данные:

предварительная классификация мерзлотных инженерно-геологических микрорайонов площадки по степени сложности их строительного освоения (с учетом сейсмичности) и ее обоснование;

классификация проектируемых зданий и сооружений по их воздействию на грунты оснований с учетом их социальной и экономической значимости, чувствительности к неравномерным вертикальным перемещениям и обоснование классификации;

перечень микрорайонов площадки с наименьшей изменчивостью условий в естественном состоянии и обоснование их выделения;

рекомендации по размещению проектируемых зданий и сооружений в пределах площадки с сопоставлением и анализом вероятных изменений мерзлотных инженерно-геологических условий различных микрорайонов при размещении в их пределах тех или иных проектируемых объектов или их групп, а также предварительные рекомендации по возможностям применения того или иного принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований и обоснование этих рекомендаций;

описание изменений исследуемого комплекса мерзлотно-инженерно-геологических условий в связи со строительством в различных микрорайонах площадки на основе результатов температурного прогнозирования численными методами;

рекомендации по техническим решениям оснований и фундаментов зданий и сооружений с корректировкой в случае необходимости рекомендаций по их размещению - по результатам температурного прогнозирования численными методами.

К отчету прилагаются таблицы и графики значений среднегодовых температур грунтов, глубин распространения годовых колебаний температуры, полных и нормативных глубин сезонного оттаивания, оттаивания под зданиями и сооружениями (по аналитическим расчетам), а также полный графический и табличный материал температурного прогнозирования численными методами, включая графики изотерм в грунтах. Кроме того, к отчету прилагаются таблицы прогнозных значений свойств грунтов.

При изысканиях на участках конкретных зданий и сооружений в текст отчета включается детализированное описание изменений исследуемого комплекса мерзлотных инженерно-геологических условий в связи со строительством при принятых технических решениях оснований и фундаментов как на этих участках, так и на площадке в целом.

К тексту отчета прилагаются табличные и графические материалы температурного прогнозирования, а также таблицы и графики прогнозных значений свойств грунтов оснований.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение 3

I. Общие положения 6

Задачи инженерно-геологических изысканий и их особенности 6

Характеристика мерзлотного прогноза при изысканиях . . . 10

Задачи мерзлотного прогноза на различных этапах изысканий 14

II. Прогноз при изысканиях для выбора площадки 18

III. Прогноз при изысканиях на выбранной площадке 25

IУ. Прогноз при изысканиях на конкретных участках размещения проектируемых зданий и сооружений 35

У. Учет геолого-географических условий теплообмена в грунтах при прогнозе изменений температурного режима . . 38

УI. Отчетные материалы по прогнозу 44

Центральный трест инженерно-строительных изысканий

ОПП Зак.150.Л-98562 от 13.IУ.1976 г. Цена 34 коп.Тир.500

Приложение I

Мерзлотное инженерно-геологическое районирование территории
(пример)

Категории участков по степени сложности мерзлотных инженерно-геологических условий			Классы участков по литолого-генетическим комплексам пород	Группы участков по рельефу и микрорельефу	Типы участков по генезису, возрасту, составу, состоянию и свойствам грунтов в активной зоне											
					№ типов участков	Генезис и возраст грунтов	Мощность слоев, м	Краткая характеристика грунтов	Тепловое состояние	Мощность вечномерзлых грунтов, м	Среднегодовые температуры грунтов, °С	Льдистость (влажность) грунтов	Глубина сезонного оттаивания (промерзания) грунтов, м	Глубина залегания грунтовых вод, м	Сейсмичность в баллах	Мерзлотно-геологические процессы и явления
Территории, требующие специальной инженерной подготовки в связи:	с сейсмичностью	сложным микрорельефом и крутизной склонов	Гранитоиды, перекрытые маломощным чехлом четвертичных отложений	Останцы поверхности выравнивания с уклонами 3-4°	I	edQ_{IV} $\gamma_2 Pt_1 kd$	2-3	I. Щебень, глыбы с песчаным заполнителем (I0-20%) 2. Гранитоиды трещиноватые	Вечномерзлые	>I00	-4 -5	Слабо и среднельдистые	до 2,5	Надмерзлотные менее 2,5	УШ	Каменные венки, жильные льды
				Пологие (8-I5°) склоны с каменными потоками, буграми и западинами	2	edQ_{IV} $\gamma_2 Pt_1$	до 5	I. Щебень, глыбы с песчано-суглин. заполнителем (30%) 2. Гранитоиды трещиноватые	То же	"	"	"	2,3-2,4	Надмерзлотные менее 2,3-2,4	"	Солифлюкция, курумы, жильные льды
			Песчаники, перекрытые элювиально-делювиальными образованиями	То же	3	edQ_{IV} $Pt_1 tl$	2-5	I. Крупно-глыбовые образования с песчаным заполнителем (20%) 2. Песчаники трещиноватые	"	I5-50 50-I00 >I00	-I÷-3 -3÷-4 ниже -4	"	до2,5	"	"	"
		льдистостью и заболоченностью	Аллювиально-пролювиальные отложения, подстилаемые озерно-аллювиальными отложениями	Высокая надпойменная терраса реки с уклонами поверхности к северу I-2°, осложненная полого-бугристыми формами рельефа	4	dQ_{IV} apQ_{III} laQ_{II-III}	I-4 3-25 >30	I. Пески и супеси 2. Валунно-галечниковые	"	I5-50	-I÷-3	Слабольдистые	до 2,6	"	"	Полигональные образования, мари
					5	То же	То же	3. Пески, суглинки с гравием То же	"	>I00	-4÷-5	Среднельдистые	2,0-2,3	Надмерзлотные менее 2,0-2,3	"	То же
					6	"	"	"	"	50-I00	-3÷-4	То же	2,0-2,4	"	"	"
					7	"	"	"	"	I5-50	-I÷-3	"	2,2-2,5	"	"	"
		с высокой льдистостью		Та же терраса, осложненная слабо углубленными ложбинами стока	8	"	"	"	"	>I00	-4÷-5	Сильнольдистые	I,8-2,0	Надмерзлотные <I,8-2,0	"	Погребенные льды, термокарст
					9	"	"	"	"	50-I00	-3÷-4		2,I-2,2	<2,I-2,2	"	"
					I0	"	"	"	"	I5-50	-I÷-3	"	2.I-2.3	< 2.I-2,3	"	"
		близким залеганием грунтовых вод	Аллювиальные отложения долины реки	Первая надпойменная терраса, осложненная руслами временных водотоков	II	dQ_{III-IV}	до 7	Пески с валунами, галькой и гравием	"	0-I5	0÷-I	Среднельдистые	до 2,6	Подмерзлотные от2до17	IX	Мари
			Аллювиально-пролювиальные образования - современные	Высокая надпойменная терраса реки с уклоном к северу I-2°, осложненная полосами стока	I2	dQ_{IV} apQ_{III} laQ_{II-III}	I-4 до 25 >30	I. Пески и супеси 2. Валунно-галечниковые пески с прослоями глин 3. Пески, глины с гравием	"	"	"	Сильнольдистые	2,0-2,2	Подмерзлотные от3до17	"	Пластовые и жильные погребенные льды
		высокой льдистостью	Озерно-аллювиальные образования	Подошвы склонов низкогорного обрамлений с уклоном поверхности 5-I0°	I3	dQ_{IV} laQ_{II-III} $Pt_1 tl$	2-4 до8-30	I. Пески 2. Пески, глины с гравием 3. Песчаники	"	50-I00 и более	-4÷-5	То же	до I,8-I,9	"	"	Мари и льды
				Подошвы склонов полупогребенных останцов интрузи	I4	dQ_{IV} laQ_{II-III} $\gamma_2 Pt_1$	I-3 до 30	I. Пески 2. Пески, глины с гравием 3. Гранитоиды	"	"	"	"	"	"	"
				Древние переуглубленные ложбины на участках развития низкогорного рельефа с уклоном 8-I0°	I5	dQ_{IV} laQ_{II-III}	до 4	I. Пески и супеси 2. Пески, глины с гравием	"	I5-50 50-I00	-2÷-4	"	до 2	"	"	"
					I6	То же	То же	То же	"	0-I5	0÷-I	"	То же	"	"	"
Территории, требующие особо сложной специальной инженерной подготовки в связи:	с высокой сейсмичностью	наледями и сложным микрорельефом	Аллювиально-пролювиальные образования - современные	Эрозионные долины рек и ручьев с уклоном 3-4°. Глубина вреза от 0,3 до 2 м	I7	aQ_{IV} apQ_{III} laQ_{II-III}	I-2 до 25 >30	I. Валуны, гравий, галька 2. Валунно-галечник, пески и супеси 3. Пески, глины с гравием	"	50-I00 и более	-3÷-5	Среднельдистые	2,2-2,3	Надмерзлотные <2,2-2,3	"	Наледи
					I8	То же	То же	То же	"	0-I5 I5-50	0÷-I -2÷-3	То же	2,2-2,5	То же	"	То же
		крутизной склонов и сложным микрорельефом	Песчаники, перекрытые элювиально-делювиальными образованиями	Крутые склоны (до 25-30° и более), осложненные каменными потоками, свалами, буграми и западинами	I9	edQ_{IV} $pt_1 tl$	0-2 до 5	I. Крупноглыбовые образования с песчано-супесчаным заполн. (5-20%) 2. Песчаники трещиноватые	"	I5-50 50-I00 >I00	-I÷-3 -3÷-4 ниже-4	Слабо- и среднельдистые	до 2,5	Надмерзлотные < 2,5	УШ	Солифлюкция, курумы, жильные льды
		близким залеганием грунтовых вод	Аллювиально-пролювиальные образования	Высокая надпойменная терраса реки с уклоном I-2°, осложненная полосами стока	20	dQ_{IV} apQ_{III} laQ_{II-III}	I-4 до 20 >30	I. Валуны, гравий, галька 2. Валунно-галечник, пески и супеси 3. Пески, глины с гравием	Талые	-	-	20-25%	до 3	I,5-2,0	X	Мари, западины
			Аллювиальные отложения долины реки	Поверхность поймы, осложненная протоками, вымоинами, валами	2I	aQ_{IV}	3-5	Пески с гравием и галькой	Талые	-	-	I5-20%	до 3,2	I-2 летом 7-8 зимой	То же	Наледи

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

пример)

№ участка	Глубина сезонного оттаивания (промерзания) грунтов под оголенной поверхностью, м	Строительство с сохранением вечномерзлого состояния грунтов ПРИНЦИП I: Расчетные глубины сезонного оттаивания грунтов под зданиями с холодными подпольями, м	Строительство с сохранением вечномерзлого состояния грунтов ПРИНЦИП I: Глубина заделки ядра твердомерзлых грунтов под зданиями с холодными подпольями, м	Строительство с сохранением вечномерзлого состояния грунтов ПРИНЦИП I: Сейсмичность при сохранении мерзлого состояния грунтов в зоне заделки фундаментов 2 баллах	Строительство без сохранения вечномерзлого состояния грунтов ПРИНЦИП II: Глубины оттаивания грунтов под жилыми зданиями без холодных подполий за 20 лет, м	Строительство без сохранения вечномерзлого состояния грунтов ПРИНЦИП II: Осадка грунтов в оттаявшей зоне на 1 м разреза в см	Строительство без сохранения вечномерзлого состояния грунтов ПРИНЦИП II: Сейсмичность при оттаивании грунтов в зоне заделки фундаментов в баллах	Рекомендации по размещению зданий и сооружений	Рекомендуемый принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве основания	Рекомендуемые типы и глубины заложения фундаментов от естественной поверхности, м	Минимальные значения прочностных характеристик мерзлых грунтов на глубинах заложения фундаментов R^H_{cg} кг/см²	Минимальные значения прочностных характеристик мерзлых грунтов на глубинах заложения фундаментов R^N кг/см²	Удельная касательная сила пучения при промерзании слоя сезонного оттаивания в кг/см²	Примечания: В зонах тектонических нарушений строительство не рекомендуется
I	4,0-4,3	3,2-3,4	-	УШ	до I6	-	УШ в гранитоидах	Котельные, бани, прачечные и т.п.	Без сохранения вечномерзлого состояния	В гранитоидах (4-5) столбчатые и ленточные, внутренние ленточные (3-4)	-	-	0,6 • I,2	при планировке территории допускается подсыпка и срезка грунта
2	3,5-4,I	2,8-3,2	-	"	до I5	-	"	"	"	В гранитоидах (6-7), столбчатые, внутренние-ленточные (4-5)	-	-	"	при планировке подсыпка грунта не рекомендуется
3	3,5-4,I	"	-	"	до I5	-	УШ в песчаниках	"	"	В песчаниках (6-7), столбчатые, внутренние-ленточные (4-5)		-	"	"
4	4,2-4,4	3,4-3,2	6,5-I0,5	"	I3,8-I4,8	до 2	IX	Жилые, общественные и административные здания	С сохранением вечномерзлого состояния	Сваи, 8,5-I2,5	~I,2	~I0	0,8 • I,2	Допустимо применение ленточных фундаментов с глубиной заложения на 1 м более расчетных глубин сезонного оттаивания при соблюдении устойчивости по условиям пучения
5	3,2-3,4	2,6-2,7	6,0-7,0	"	II,7-I2,2	4-5	"	"	"	Сваи, 8,0-9,0	"	"	0,6 • I,2	"
6	3,4-3,5	2,7-2,8	6,5-7,5	"	I2,I-I2,6		"	"	"	Сваи, 8,5-9,5	"	"	"	"
7	3,5-3,8	2,8-3,0	6,0-I0,0	"	I2,6-I3,6	"	"	"	"	Сваи, 8,0-I2,0	"	"	0,8 • I,2	"
8	2,6-2,7	2,I-2,2	4,6-4,8	"	I0,6-II,I	до I5	"	"	"	Сваи ~7,0	"	"	0,6 • I,2	при планировке территории срезка не рекомендуется
9	2,7-2,8	2,2-2,3	~ 5,0	"	II,I-II,	I0-I2	"	"		"	"	"	"	"
I0	2,8-3,0	2,3-2,4	6,0-I0,0	"	II,4-I2,3	9-I0	"	"	"	Сваи 8,0-I2,0	"	"	0,8 • I,2	"
II	3,8-4,0	3,I-3,2	отсутствуют	IX	Образование сквозного талика	3-5	X	Сооружения водоснабжения, набережная и т.п.	"	Ленточные 5,0-6,0	~0,8	~9	0,8 • I,4	участки с глубиной подошвы вечномерзлых грунтов менее 8 м для строительства опасны
I2	3,0-3,2	2,4-2,6	"	"	"	7-8	"	"	"	"	"	"	"	"
I3	2,6-2,7	2,I-2,2	4,6-4,8	"	I0,6-II,I	I5-I8	"	Административные здания, коммунальные предприятия	"	Сваи 5,0 -6,0	I,3	~9	0,6 • I,2	Допустимо применение ленточных фундаментов с глубиной заложения на 1 м более расчетных глубин сезонного оттаивания при соблюдении устойчивости по условиям пучения
I4	2,6-2,7	"	"	"	I0,6-II,I	до 20	"	"	"	"	"	"	"	"
I5	2,7-2,9	2,2-2,3	5,0-7,0	"	II,I-II,7	I2-I5	"	"	"	Сваи 7,0-9,0	I,3	~I0	0,8 • I,2	"
I6	3,0-3,2	2,4-2,6	отсутствуют	"	Образование сквозного талика	до 9	"	Холодные склады, гаражи и т.д.	"	Ленточные 5,0-6,0	0,8	~9	0,8 • I,4	участки с глубиной подошвы вечномерзлых грунтов менее 8 м для строительства опасны
I7														
I8	Для размещения зданий и сооружений не рекомендуется													
I9		-	-	-	-	-	X	Городской парк	-	-			0,8 • I,4	
20		-	-	-	-	-								
21	~3,4	-	-	-	-	-	"	Водозаборные сооружения	-	Сваи 8,0- ,0	-	-		рекомендуется предусмотреть противоналедные мероприятия

gost.e-ecolog.ru