ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
(ПНИИИС)

РУКОВОДСТВО

ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЁССОВЫХ ГРУНТАХ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ.

ЛЁССОВЫЙ ПСЕВДОКАРСТ

МОСКВА — 1976

gost.e-ecolog.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
(ПНИИИС)

РУКОВОДСТВО

ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЁССОВЫХ ГРУНТАХ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ.

ЛЁССОВЫЙ ПСЕВДОКАРСТ

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1976

УДК 624.131.23

Рекомендовано к изданию на совместном заседании Инженерно-геологической и Геофизической секций Научно-технического совета ПНИИИС от 17 декабря 1973 г.

Руководство по изучению геологических процессов в лёссовых грунтах при инженерных изысканиях. Лёссовый псевдокарст. М., Стройиздат, 1976. 16 с. (Произв. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в стр-ве (ПНИИИС).

Настоящее Руководство разработано институтом ПНИИИС и содержит основные сведения по общей направленности и последовательности инженерных изысканий, о составе и объеме изыскательских работ на участках, имеющих лёссовый псевдокарст или подверженных лёссовому псевдокарсту.

Редактор: канд. геол.-мин. наук *С. П. Абрамов*

Р 30213—457
047(01)—76 Инструкт.-нормат. IV—вып.—14—75 © Стройиздат, 1976

ПРЕДИСЛОВИЕ

Явления лёссового псевдокарста (подземные пустоты, провальные воронки и др.) часто встречаются в районах развития лёсса и лёссовидных пород. Иногда пустоты обнаруживаются при отработке строительных котлованов и вызывают задержку строительства, перепроектирование фундаментов зданий и сооружений, дорогостоящие мероприятия по ликвидации пустот. В других случаях явления лёссового псевдокарста обнаруживаются при инженерных изысканиях, что ставит перед инженером-геологом трудные вопросы методики изыскательских работ. Широко известны случаи, когда псевдокарстовый процесс развивался в лёссовых породах при эксплуатации сооружений (например, каналов) или при подготовке оснований сооружений методом предпостроечного замачивания.

В настоящем Руководстве рассмотрены вопросы изучения лёссового псевдокарста при инженерных изысканиях преимущественно для промышленного, городского и поселкового строительства. В основу Руководства положены исследования ПНИИИСа и публикации в советской и зарубежной литературе. В этом Руководстве сделана первая попытка систематизации приемов изыскательских работ на участках развития лёссового псевдокарста. Задача Руководства — помочь изыскателю ориентироваться в выборе необходимых методов исследований. Однако надо подчеркнуть, что вопрос о методах изучения лёссового псевдокарста изучен недостаточно и нуждается в дальнейшей разработке.

Методика инженерно-геологических изысканий в районах развития лёссового псевдокарста и настоящего (карбонатного, гипсового, мелового, соляного) карста имеет ряд общих элементов. Поэтому при изысканиях в псевдокарстовых районах полезным может быть знакомство с «Рекомендациями по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР».

Руководство составили: д-р геол.-мин. наук *Н. И. Кригер,* канд. физ.-мат. наук *А. С. Алешин,* мл. науч. сотр. *Н. Е. Котельникова.*

Дирекция ПНИИИСа просит присылать замечания и предложения по адресу: 105058, Москва, Окружной проезд, д. 18.

1*(0,5) Зак. 163

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство распространяется на производство инженерных изысканий в районах развития лёсса и лёссовидных пород для обоснования проектов промышленного, городского и поселкового строительства.

1.2. Районы, пораженные лёссовым псевдокарстом, относятся к территориям с особыми условиями изысканий и строительства. При изысканиях в этих районах следует руководствоваться:

а) действующими нормативными и методическими документами для обычных условий;

б) действующими нормативными и методическими документами для особых условий (просадочные грунты, сейсмичность, многолетнемерзлые грунты, оползни, сели и т. д.), если эти условия имеются на изучаемой площадке;

в) требованиями настоящего Руководства.

1.3. Особые условия строительства на участках развития лёссовых пород, пораженных псевдокарстом, вызваны тем, что:

а) если на строительной площадке, сложенной лёссовыми грунтами, имеются псевдокарстовые явления и не были приняты меры борьбы с ними, то построенные здания и сооружения могут получить неожиданные деформации в результате обрушения подземных пустот;

б) псевдокарстовые процессы в лёссовых грунтах в результате хозяйственной деятельности человека могут значительно активизироваться;

в) строительство на грунтах, пораженных лёссовым псевдокарстом, требует проведения особых мероприятий.

1.4. Особые условия инженерных изысканий на участках развития лёссовых пород, пораженных псевдокарстом, состоят в том, что для выяснения распространения псевдокарста требуются дополнительные объемы работ с применением особой методики. Эти дополнительные работы могут быть проведены параллельно с основными инженерно-геологическими изысканиями или отдельно, но с учетом данных, полученных при основных изысканиях.

2. МОРФОЛОГИЯ ЛЁССОВОГО ПСЕВДОКАРСТА

2.1. Лёссовым псевдокарстом называются:

а) процессы образования пустот в лёссовых породах в результате механического (тонкие частицы) и отчасти химического (водорастворимые соединения) выноса вещества из лёссовых пород;

б) процессы обрушения возникших таким образом пустот.

Примечание. К лёссовому псевдокарсту не относятся:

а) аналогичные процессы в глинах (глинистый псевдокарст);

б) деформации лёссовых пород в результате обрушения пустот в нижележащих породах (карбонатный, гипсовый и соляный карст);

в) деформации мерзлых или содержащих линзы и прослои льда лёссовых пород. Эти деформации относятся к термическим просадкам и термокарсту.

2.2. Различаются следующие формы проявления лёссового псевдокарста:

1) подземные формы: трещины и узкие ходы; расширенные пустоты-пещеры;

2) поверхностные формы:

а) провальные: воронки; колодцы; траншеи; овраги;

б) остаточные: стены, останцы, мосты.

Перечисленные формы тесно связаны между собой генетически и морфологически переходами, так что разделение их иногда условно.

2.3. Узкие ходы и трещины являются начальными формами лёссового псевдокарста. Иногда это лишь открытые ходы роющих животных. Обычно узкие ходы соединяют между собой более крупные псевдокарстовые формы.

2.4. Пещеры в лёссовых породах представляют собой пустоты диаметром до 2—3 м и больше, высотой до 1—1,5 м (реже до 2,5—3 м). Узкие пещеры высотой 0,5—1 м иногда имеют в плане протяжение на десятки метров. Обычно дно пещер неровное, с грудами обвалившегося потолочного материала. Потолок пещер, как правило, является неустойчивым, что необходимо иметь в виду при обследовании псевдокарста.

2.5. Провальные воронки в лёссовых породах имеют в плане округлую или вытянутую форму. Диаметр их меняется в пределах 2—15 м и больше, глубина обычно 2—4 м. Воронки редко встречаются одиночно и часто соседние воронки сливаются. Иногда наблюдаются воронки двух и больше генераций: более молодые и свежие воронки располагаются на дне старых, часто заросших травой. По размерам участков, занятых слившимися воронками, нельзя судить о первоначальных размерах пещер, так как обычно воронки разновозрастны и связаны с обрушением потолка многих пещер.

2.6. Воронки могут возникать при проникновении воды в термитники, распространяющиеся в лёссовый грунт на несколько метров вглубь.

2.7. Колодцы (то же — стаканы, шахты) отличаются от воронок вертикальными стенками, более значительной (3—10 м и больше) глубиной, сравнительно небольшим (0,5—5 м) диаметром в плане. Колодцы иногда встречаются на дне воронок или пещер. Колодцы не всегда имеют провальное происхождение и могут быть связаны с эрозионным расширением стенок трещин.

2.8. Провальные траншеи — разновидность воронок, имеют в длину до 30—50 м. Развиваются вдоль трещин в лёссе в результате разновременных провалов.

2.9. Провальные овраги образуются при развитии цепочки провальных воронок. Глубина оврагов — несколько метров. Характерная их особенность — неровное, изрытое воронками дно. Длина провальных оврагов может достигать много десятков метров. Провальные овраги нередко бывают слепыми, не имеющими выхода в более крупную долину.

2.10. Остаточные стены между провальными оврагами и воронками могут достигать длины несколько десятков метров при высоте до 2—4 м и ширине не более 0,5 м. Остаточные стены обычно недолговечны и легко разрушаются выветриванием и эрозией.

2.11. Останцы между провальными оврагами и воронками. От остаточных стен они отличаются округлой или неправильной формой в плане, а также нередко более значительными размерами.

2.12. Остаточные мосты (арки) — остатки кровли над провальными оврагами. Нависают над дном впадин иногда на высоте до 8—10 м.

2.13. По условиям развития лёссового псевдокарста без вмешательства человека различаются три типа районов:

I тип — безусловное наличие лёссового псевдокарста (наличие видимых на поверхности воронок, колодцев и других псевдокарстовых форм, обнаруженные выработками подземные пустоты);

II тип — возможность наличия лёссового псевдокарста (видимые на поверхности псевдокарстовые формы отсутствуют, в выработках подземные пустоты не известны, но ландшафтная и геоморфологическая обстановка согласно пп. 4.1 и 4.8 благоприятствует их развитию);

III тип — наличие лёссового псевдокарста исходя из ландшафтной и геоморфологической обстановки, согласно п. 4.2, весьма мало вероятно.

Вмешательство человека может значительно изменить условия развития лёссового псевдокарста, так что становится возможным развитие лёссового псевдокарста даже при III типе районов.

2.14. Следующие виды вмешательства человека благоприятствуют развитию лёссового псевдокарста даже при III типе районов:

а) ирригация и строительство каналов;

б) предпостроечное замачивание;

в) прокладка водонесущих подземных коммуникаций и устройство других сооружений, могущих создать длительную инфильтрацию воды в грунт;

г) устройство лёссовых откосов;

д) распахивание лёссовых склонов.

2.15. При условиях, благоприятствующих лёссовым псевдокарстовым процессам под влиянием вмешательства человека, их развитие может протекать ускоренно: в течение года или даже немногих месяцев могут образоваться подземные пустоты, воронки и другие псевдокарстовые формы.

2.16. Лёссовый псевдокарст обычно развивается на глубинах до 10—15 м (иногда глубже) в породах с низкой природной влажностью (5—10%, реже до 15—18%). Лёссовый псевдокарст развивается при проникновении в лёссовую толщу струй воды, чему благоприятствуют норки животных и открытые трещины в породе. В случае увлажнения породы с образованием локального водоносного горизонта псевдокарстовый процесс может развиваться (с образованием и обрушением новых пустот) только при больших градиентах уровня воды, например в краевых частях подземных куполов, образующихся при длительной инфильтрации воды в грунт.

2.17. Лёссовый псевдокарст не имеет прямой связи с просадочными свойствами пород. Часто наблюдаемая (но не обязательная) приуроченность лёссового псевдокарста к просадочным разностям пород обусловлена тем, что как псевдокарстовый, так и просадочный процессы протекают преимущественно в породах с низкой влажностью. Лёссовый псевдокарст возможен и в непросадочных разностях пород.

3. СОСТАВ ИЗЫСКАНИЙ

3.1. Для изучения лёссового псевдокарста при инженерных изысканиях применяются следующие виды работ:

сбор и изучение фондовых, литературных и картографических материалов;

инженерно-геологическая рекогносцировка;

инженерно-геологическая съемка;

топогеодезические работы;

бурение, проходка шурфов и других выработок, сопровождаемые отбором проб грунта;

динамическое зондирование грунтов;

геофизические исследования (электроразведка, сейсморазведка);
стационарные наблюдения;
лабораторные исследования;
камеральная обработка материала и составление отчета.

3.2. При выборе площадки для строительства производится сбор и изучение фондовых, литературных и картографических материалов, а также инженерно-геологическая рекогносцировка. При обнаружении следов лёссового псевдокарста выбор площадки отклоняется или при необходимости строительства на ней в программе последующих изысканий предусматривается изучение лёссового псевдокарста.

3.3. Для инженерно-геологической оценки лёссового псевдокарста лучшие результаты дает использование комплекса методов согласно п 3.1. Обязательным минимумом исследований являются инженерно-геологическая съемка, бурение и проходка шурфов, электроразведка и лабораторные исследования грунтов. Для наиболее ответственных сооружений комплекс методов, указанных в п. 3.1, может быть расширен за счет постановки специальных экспериментов с замачиванием котлованов или устройством опытных каналов в неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

3.4. Объемы изысканий в лёссовых районах, предусмотренные для общей оценки инженерно-геологических условий, а также для изучения деформативных, прочностных и просадочных свойств лёссовых грунтов, могут оказаться недостаточными для инженерной оценки лёссового псевдокарста. Однако указанные объемы должны учитываться при составлении программы изучения лёссового псевдокарста и должны быть использованы при составлении заключения.

3.5. Лёссовый псевдокарст может быть обнаружен на разных этапах изысканий и строительства в районах II типа (см. п. 2.13), а в связи с инженерной деятельностью человека (см. п. 2.14) — также в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений в районах III типа. В каждом из этих случаев может возникнуть необходимость проведения дополнительных изыскательских работ для изучения лёссового псевдокарста, а также необходимость введения дополнительных строительных мероприятий в соответствии с заключением инженера-геолога.

3.6. Выделение на территории изысканий районов II типа по условиям развития псевдокарста без вмешательства человека (см. п. 2.13) является достаточным основанием для включения в программу изысканий дополнительного минимального объема работ в этих районах в соответствии с требованиями п. 3.3.

3.7. При составлении программы изысканий объемы работ для изучения лёссового псевдокарста устанавливаются изыскательской организацией в соответствии с размером территории изысканий, характером инженерно-геологических условий, ответственностью и характером сооружений и согласуются с проектирующей организацией.

4. ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ИЗЫСКАНИЙ

4.1. Лёссовый псевдокарст распространен преимущественно в условиях сильно дренированной местности. Его следует искать:

а) близ бровок лёссовых обрывов на удалении до 100—200 м от них;

б) на территории, рассеченной крутосклонными глубокими оврагами;

в) в пологосклонных, часто в рельефе лишь слабо выраженных саях, на протяжении 1—1,5 км от их устья.

В районах развития древних криогенных образований лёссовый псевдокарст легко обнаруживается на аэрофотоснимках. Здесь подзем-

ные полости часто залегают в пределах вытянутых понижений, образующих полигональную сетку.

4.2. Лёссовый псевдокарст не характерен для:

а) ровных горизонтальных поверхностей, не имеющих степных блюдец и пологосклонных балок, если эти поверхности удалены от обрывов и крутосклонных оврагов на расстояние более 200 м;

б) территории внутри степных блюдец, даже если эти блюдца приурочены к районам распространения лёссового псевдокарста.

КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПЕРЕД ВЫЕЗДОМ В ПОЛЕ

4.3. Изучение литературных и фондовых материалов иногда позволяет выявить наличие явлений лёссового псевдокарста на территории предстоящих изысканий и приблизительно наметить районы I типа по условиям развития лёссового псевдокарста.

4.4. Обзор картографического материала и инженерно-геологическая рекогносцировка позволяют на основе пп. 4.1 и 4.2 выделить районы II типа по условиям развития лёссового псевдокарста.

4.5. Литературные и фондовые материалы о лёссовом псевдокарсте, если они не являлись предметом специальных исследований, могут быть недостаточны для выдачи рекомендаций проектировщикам, но будут полезны при составлении программы специальных изысканий.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

4.6. Наблюдаемые на поверхности следы лёссового псевдокарста картируются при комплексной инженерно-геологической съемке масштаба 1 : 25 000 и крупнее. Если на основании этой съемки или рекогносцировки на территории выбора площадки устанавливается вероятность нахождения районов II типа по условиям развития лёссового псевдокарста без вмешательства человека или если после проведения инженерно-геологической съемки обнаружился лёссовый псевдокарст, связанный с деятельностью человека, то инженерно-геологическая съемка должна быть повторена в более крупном масштабе непосредственно на выбранной площадке.

4.7. Для выбора строительной площадки достаточно иметь карту распространения лёссового псевдокарста в масштабе 1 : 25 000. Если строительство идет на площадке, пораженной псевдокарстом, или если псевдокарст обнаружен на уже застроенной территории, инженерно-геологическое картирование следует вести в масштабе 1 : 2000—1 : 1000 в зависимости от характера строительства, условий возможного развития псевдокарста и вероятной опасности псевдокарста для людей и сооружений.

4.8. При описании естественных и искусственных разрезов лёссовых пород надо считать указаниями на предрасположенность пород к поражению псевдокарстом следующие особенности:

а) влажность преимущественно не выше 15%, пористость преимущественно выше 45—50%, невысокая прочность структурных связей;

б) наличие открытых кротовин (норок животных);

в) наличие подземных термитников — круглоцилиндрических, вертикальных участков, густо пронизанных ходами термитов;

г) обилие открытых вертикальных трещин.

4.9. Открытые или рыхло заполненные грунтом кротовины должны быть тщательно изучены как возможные пути развития псевдокарста. Фиксируется размер, форма, количество кротовин на 1 м^2 на разных глубинах. Нередко кротовины встречаются в почвенных горизонтах ископаемых почв, что должно быть отмечено, так как позволяет прог-

нозировать вероятные глубины, на которых будут развиваться псевдокарстовые процессы.

4.10. В лёссовых породах Украины и Западной Сибири нередко обнаруживаются ископаемые криогенные клиновидные образования, пересекающие ископаемые почвы и заполненные более рыхло уложенным лёссовым материалом. Эти клиновидные образования должны фиксироваться, так как иногда к ним приурочиваются псевдокарстовые процессы.

4.11. При обнаружении воронок, колодцев, провальных оврагов и других псевдокарстовых форм следует нанести их на план, описать густоту распределения на единицу площади, характер расположения в плане (например — беспорядочно, в виде вереницы), приуроченность к определенным геоморфологическим условиям, размеры, форму, наличие растительности. Рекомендуется производить зарисовки, а для крупных форм (провальных оврагов, провальных траншей и т. д.) — топографическую съемку в масштабе 1 : 100 или 1 : 200 и аэрофотосъемку. Следует собрать сведения о давности возникновения псевдокарстовых форм у местных жителей. На дне провальных впадин необходимо отмечать наличие расширенных трещин и ходов, учитывая, что они могут вести к крупным подземным пустотам или могут с течением времени превращаться в последние.

4.12. При обследовании псевдокарстовых пещер следует соблюдать правила техники безопасности в связи с неустойчивостью потолка.

4.13. При изучении лёссового псевдокарста следует обращать внимание на распространение, ширину, глубину и преимущественную ориентировку трещин вертикальных отдельностей в лёссовых породах.

ПРОХОДКА ВЫРАБОТОК

4.14. Поиски и разведку псевдокарстовых пустот в лёссовых грунтах посредством скважин шурфов следует вести до глубины 10—20 м в зависимости от глубины оврагов и долин, учитывая, что лёссовый псевдокарст обычно развивается выше днищ местной долинно-овражной сети.

4.15. При проходке скважин и шурфов обнаружение даже небольших (10—20 см в диаметре) пустот указывает на вероятность существования разветвленной сети псевдокарстовых пустот в окрестностях выработки.

4.16. При расположении выработок (скважин и шурфов) по сетке не более 30×30 м обычно в псевдокарстовых районах обнаруживаются подземные пустоты. Рекомендуется эти выработки особо отмечать на карте и вести статистический учет относительного количества выработок, которыми были обнаружены пустоты.

4.17. При изучении лёссового псевдокарста проходка шурфов предпочтительнее, чем проходка скважин. Шурфы большого сечения предпочтительнее шурфов малого сечения.

4.18. При проходке шурфов их стенки должны зарисовываться. На рисунках-схемах должны быть показаны глубина, форма и размеры пустот, а также кротовины, ископаемые почвы, крупные трещины.

4.19. При опробовании выработок с целью изучения или прогноза развития лёссового псевдокарста должны быть отобраны пробы на определение природной влажности, засоленности и механического состава грунтов. Следует учитывать, что в подземных пустотах создается свой особый микроклимат, благодаря чему влажность грунтов изменяется на коротких расстояниях. Для характеристики естественной влажности грунта рекомендуется отбирать пробы на влажность из разных частей стенок пустоты и на различном удалении от пустоты.

ОПЫТНЫЕ ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

4.20. Если геологический разрез и свойства грунтов достаточно хорошо известны, то для поиска псевдокарстовых пустот в лёссовой толще экономически целесообразно заменить часть проектируемых буровых работ динамическим зондированием. В случае обнаружения пустот этим способом их более детальное изучение следует проводить с помощью скважин и шурфов.

4.21. Если в районе II типа при бурении, проходке шурфов и динамическом зондировании лёссового грунта подземные пустоты не обнаружены, то нельзя еще делать вывод об отсутствии явлений лёссового псевдокарста. Если пустоты не обнаружены густой сетью выработок на значительной площади и если отсутствуют указания на развитие лёссового псевдокарста по данным визуальных и геофизических наблюдений, то можно считать на исследуемой территории присутствие псевдокарстовых пустот маловероятным. Уверенность в этом предположении повышается с возрастанием густоты сети выработок.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

4.22. Физические свойства лёссовых грунтов, пораженных псевдокарстом, существенно отличаются от свойств тех же грунтов в ненарушенном массиве из-за:

а) ниличия пустот (пещер, ходов, трещин);

б) вторичных явлений, связанных с пустотами, — аномалий природной влажности (п. 4.19), разрыхленности грунта в полуобрушенных пустотах.

Эти явления служат причиной аномалий различных естественных и искусственных геофизических полей, что можно обнаружить с помощью геофизической разведки.

4.23. Геофизические методы при исследовании явления псевдокарста могут применяться для:

а) изучения общих вопросов инженерной геологии района; строения верхней части резреза (до глубины 15—20 м) в областях развития псевдокарста;

б) картирования зон развития псевдокарста;

в) определения глубин залегания пораженных псевдокарстом пород;

г) изучения связи псевдокарста с гидрогеологической обстановкой (уровнем грунтовых вод, миграций влаги и т. п.);

д) изучения динамики развития лёссового псевдокарста при режимных наблюдениях.

4.24. Применяют как наземные наблюдения, так и наблюдения геофизических полей во внутренних точках среды. Комплексирование обоих видов наблюдений повышает надежность и точность полученных результатов.

4.25. Геофизические наблюдения включают в себя различные модификации электроразведки и сейсморазведки малых глубин. Данные по каждому из этих методов отражают различные физические характеристики изучаемых пород, поэтому следует стремиться к максимальному комплексированию методов.

4.26. Как непосредственно сами псевдокарстовые явления, так и вызванные ими вторичные явления (п. 4.22) вызывают особенности геоэлектрического разреза, которые могут быть обнаружены электроразведкой.

4.27. Электроразведка применяется при изучении общих вопросов геологии и гидрогеологии района развития псевдокарста, картировании зон развития псевдокарста.

4.28. Исходя из особенностей морфологии лёссового псевдокарста в комплексе электроразведочных методов следует отдать предпочтение методам, использующим постоянные электрические поля. Особенность геоэлектрического разреза, в котором обнаруживаются псевдокарстовые явления, — малая величина удельных сопротивлений — устраняет преимущества методов переменного электрического поля. Среди методов электроразведки следует указать: вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) для изучения геоэлектрического разреза и изучения по глубине свойств грунтов, подверженных псевдокарсту; электрическое профилирование — для картирования зон распространения лёссового псевдокарста; метод естественного постоянного электрического поля.

4.29. При наблюдениях методом электропрофилирования для выделения небольших по мощности псевдокарстовых форм рекомендуется использовать несимметричные установки и установки срединного градиента (АВ=*fix*). Сетка наблюдений и параметры установок выбираются в соответствии с требуемой детальностью работ и особенностями геоэлектрического разреза. Размеры установки для электропрофилирования определяются по данным ВЭЗ, проведенного на опорной скважине (шурфе). Профили наблюдений располагаются вкрест границ зон развития псевдокарста.

4.30. Результаты электроразведочных работ представляются в виде изоом, кривых ВЭЗ, разрезов кажущихся сопротивлений, геоэлектрических разрезов и графиков электропрофилирования. Участки развития псевдокарста отмечаются повышением кажущихся сопротивлений. По данным количественной интерпретации ВЭЗ определяется глубина положения зоны развития псевдокарстовых пустот.

На картах и графиках естественного электрического поля участки развития псевдокарста отмечаются аномалиями ЭДС.

4.31. В зонах развития псевдокарста иногда возможно использование других методов электроразведки — метода вызванных потенциалов, метода индукции, метода радиокип. В силу отмеченных особенностей геоэлектрического разреза лучших результатов следует ожидать от применения более низкочастотных методов.

4.32. Сейсмические характеристики лёссовых пород (скорости продольных и поперечных волн, константы затухания) в зонах развития псевдокарста отличаются от таковых в зонах ненарушенных пород. Так, средние скорости в псевдокарстовых зонах уменьшаются, а затухание увеличивается по сравнению с ненарушенными породами. В зонах псевдокарста увеличивается рассеяние волн, что приводит к заметным изменениям волновой картины. Все это обосновывает применение сейсмического метода для изучения лёссового псевдокарста.

4.33. Сейсмический метод разведки решает также задачи, поставленные в п. 4.23. С целью повышения информативности и надежности результатов рекомендуется по возможности более широкое комплексирование сейсморазведочных методов, например:

а) использование как поверхностных, так и скважинных или шурфовых систем наблюдений;

б) возбуждение и регистрация как продольных, так и поперечных волн.

4.34. Поскольку лёссовый псевдокарст отмечается на сравнительно небольших глубинах (до 15 м) в качестве источника упругих колебаний, возможно применение ударов. Для улучшения условий возбуждения удары производят по широкой металлической или деревянной подставке. Полезно также замачивать грунт в месте удара. Для наблюдения продольных волн их возбуждение производится вертикальными ударами, для поперечных — боковыми, перпендикулярно профилю. С целью увеличения глубинности разведки (в особенности в тяжелых

грунтовых условиях: раздробленный массив, большое затухание) рекомендуется применение специальных ударных установок (типа копров, трамбовок и т. п.).

4.35. Системы наземных наблюдений — продольные профили, ориентированные вкрест простирания предполагаемой зоны псевдокарстовых образований. Рекомендуется применение встречных систем наблюдений и использование выносных пунктов возбуждения. Количество профилей и расстояние между ними определяются в соответствии с требуемой детальностью работ и формой и размерами псевдокарстового массива.

Для регистрации упругих колебаний можно применять как многоканальные, так и одноканальные сейсмические станции. Расстояние между сейсмоприемниками по профилю от 0,5 до 3 м. Для регистрации продольных волн сейсмоприемники устанавливаются вертикально, для поперечных волн — горизонтально, перпендикулярно линии профиля При исследованиях в шурфах сейсмоприемники устанавливаются через 0,5 м в стенке шурфа.

4.36. Характер интерпретации определяется характером полученного материала. Если имеются преломляющие границы, рекомендуется использование метода «t_0»; если полученный годограф указывает на постепенное увеличение скорости с глубиной, рекомендуется использование метода Кондратьева. Использование других методов интерпретации (полей времен, Чибисова и т. п.) возможно, но технически связано с большими затратами времени и труда. В плане зоны развития лёссового псевдокарста отмечаются как изменением скоростных характеристик, так и видимым усложнением волновой картины по сейсмограмме — нарушением корреляции, увеличением фона рассеянных волн, наличием дифрагированных волн и т. п.

4.37. Представляется перспективным использование для исследования псевдокарста сейсмоакустических методов: ультразвукового карротажа, междускважинного просвечивания.

4.38. Распространение лёссового псевдокарста, установленное по геофизическим данным, должно дополнительно проверяться проходкой шурфов и скважин или визуальными наблюдениями за распространением провальных воронок и других псевдокарстовых форм.

СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

4.39. Если имеются подозрения, что лёссовый псевдокарст, распространенный по-соседству с эксплуатируемым зданием или сооружением, будет разрастаться и угрожать сохранности здания или сооружения, или если допускается возможность развития лёссового псевдокарста непосредственно на застроенном участке, то могут оказаться целесообразными стационарные наблюдения за развитием псевдокарста:

а) наблюдения за появлением новых и разрастанием ранее имевшихся провальных воронок;

б) наблюдения за возможными эпизодическими (например, сезонными) выходами воды из отверстий в лёссовых грунтах в оврагах и искусственных выемках;

в) постановка электроразведочных и сейсморазведочных работ для наблюдения за изменением свойств грунтов, что позволяет судить о вероятном распространении лёссового псевдокарста;

г) периодическое повторение крупномасштабной топосъемки или аэрофотосъемки.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

4.40. Лабораторные исследования свойств лёссовых грунтов на участках развития псевдокарста производятся в соответствии с методами, обычно применяемыми при инженерно-геологических изысканиях для строительства на лёссовых основаниях. Для изучения лёссового псевдокарста наибольшее значение имеют данные о природной влажности грунтов (до начала развития псевдокарста и в течение его развития), солевом и механическом составе грунтов.

ОТЧЕТНОСТЬ

4.41. Состав отчета о результатах изучения лёссового псевдокарста зависит от того, является ли этот отчет самостоятельным или образует главу в общем отчете о результатах инженерно-геологических изысканий. В первом случае отчет, помимо специальной части, должен включать в себя в качестве общей части характеристику физико-географических и геоморфологических условий, геологического строения, физико-механических, электрических и сейсмических свойств грунтов и гидрогеологических условий. Во втором случае отчет может быть представлен только специальной частью, в которую должна входить и характеристика природных условий. В обоих случаях в отчете должно быть достаточное внимание уделено связи лёссового псевдокарста с геоморфологией района, условиями залегания, мощностью и литологическим составом лёссовых грунтов, гидрогеологическими условиями, распределением природной влажности грунтов, геофизическими характеристиками грунтов. При обработке материалов весьма желательно использование методов математической статистики для оценки частоты проявления лёссового псевдокарста в различных инженерно-геологических условиях (количество воронок и псевдокарстовых колодцев на единицу площади в разных условиях, зависимость количества воронок и колодцев от природной влажности грунтов и т. д.).

4.42. Отчет о результатах изучения лёссового псевдокарста должен заканчиваться рекомендациями в соответствии с пп. 4.43—4.46.

4.43. Наличие лессового псевдокарста неблагоприятно для строительства. Поэтому, если это возможно, следует выбирать строительную площадку в районе III типа, где наличие лёссового псевдокарста весьма маловероятно.

4.44. Если район предполагаемого строительства принадлежит ко II типу, где наличие лёссового псевдокарста возможно, но изысканиями установлено, что в соответствии с п. 4.21 на данном конкретном участке оно маловероятно, то можно допустить строительство со следующими оговорками:

а) строительству не должно предшествовать предпостроечное замачивание грунтов для устранения их просадочных свойств, так как это замачивание в данных условиях может привести к развитию лёссового псевдокарста. В подобных условиях должны применяться иные меры по предотвращению возможных просадочных деформаций (глубокое заложение фундаментов, химическое и термическое закрепление грунтов и т. д.);

б) после отработки котлованов под фундаменты зданий и сооружений эти котлованы должны быть осмотрены инженером-геологом для подтверждения отсутствия на площадке явлений лёссового псевдокарста. Результаты осмотра оформляются актом или заключением инженера-геолога;

в) должны быть приняты меры по устранению возможности инфильтрации струй воды в грунт в результате утечек промышленных и бытовых вод.

4.45. Даже при отсутствии лёссового псевдокарста на строительной площадке он может развиться при вмешательстве человека (см. п. 2.14). Поэтому все мероприятия должны сопровождаться наблюдениями за влиянием их на здания и сооружения.

4.46. Если строительство ведется на участках с установленным изысканиями лёссовым псевдокарстом или лёссовый псевдокарст неожиданно обнаружен на строительной площадке в процессе строительства зданий и сооружений, то могут быть рекомендованы следующие мероприятия:

а) постановка детальных работ по изучению лёссового псевдокарста для обоснованного выбора строительных мероприятий;

б) подготовка оснований путем использования земляных свай, химического закрепления грунтов, обжига грунтов и т. д., если псевдокарстовые пустоты не являются значительными;

в) применение фундаментов глубокого заложения или свай-стоек, опирающихся на грунты, не имеющие следов поражения лёссовым псевдокарстом (если эти мероприятия возможны при имеющихся инженерно-геологических условиях);

г) планировка поверхности застраиваемой территории и организация стока промышленных, бытовых и атмосферных вод;

д) при неглубоком (до 2—3 м) расположении крупных (более 1 м) псевдокарстовых полостей для их обнаружения (с целью последующей ликвидации) может применяться трамбование грунта тяжелыми трамбовками; при более глубоком (3 м) залегании полостей трамбование производить нецелесообразно.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Морфология лёссового псевдокарста 4
3. Состав изысканий 6
4. Особенности методики изысканий 7
Камеральные работы перед выездом в поле 8
Инженерно-геологическая съемка 8
Проходка выработок 9
Опытные полевые работы 10
Геофизические работы 10
Стационарные наблюдения 12
Лабораторные работы 13
Отчетность 13

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
(ПНИИИС)

Руководство по изучению геологических процессов в лёссовых грунтах при инженерных изысканиях. Лёссовый псевдокарст

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией **Г. А. Жигачева**
Редактор **Л. Н. Кузьмина**
Мл. редактор **Л. Н. Козлова**
Технический редактор **Р. Т. Никишина**
Корректоры **Е. А. Степанова, Л. П. Бирюкова**

Сдано в набор 22/III 1976 г. Подписано в печать 10/V 1976 г.
Т-08375 Формат 84×108$^{1}/_{32}$ д. л. Бумага типографская № 3
0,84 усл. печ. л. (уч.-изд. 0,90 л.) Тираж 10 000 экз.
Изд. № XII—6529 Заказ № 163 Цена 5 коп.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а
Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
[illegible] ул. Кирова, д. 25

gost.e-ecolog.ru