ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации

по инженерно-геологической разведке и опробованию лёссовых отложений (системно-структурный метод)



Москва 1984

gost.e-ecolog.ru

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

Рекомендации

по инженерно-геологической разведке и опробованию лёссовых отложений (системно-структурный метод)

Москва Стройиздат 1984

УДК 624.131.1 + 624.131.23

Рекомендованы к изданию решением секции техники, технологии и нормирования в инженерных изысканиях Научно-технического совета ПНИИИС Госстроя СССР.

Рекомендации по инженерно-геологической разведке и опробованию лессовых отложений (системно-структурный метод)/ ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1984. – 48 с.

Содержат основные положения инженерно-геологических изысканий в районах распространения лессовых отложений, методы расчленения лессовых отложений на отдельные слои и их комплексы, основные критерии отличия погребенных почв от вмещающих их слоев. Предложен системный подход при исследовании лессовых толщ в инженерно-геологической практике.

Для инженерно-технических работников изыскательских и проектно-изыскательских организаций.

Табл. 6, ил. 4.

Р 3202000000 – 453
047 (01) – 84 Инструкт.-нормат., 1 вып. – 60–84

© Стройиздат, 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лёссовые отложения широко распространены на территории Советского Союза. Они встречаются на значительных площадях европейской части СССР, Западной Сибири, Казахстана, Средней Азии и Закавказья.

Для указанных регионов характерно интенсивное хозяйственное освоение с широкими масштабами строительства, которое осложняется наличием у лессовых отложений просадочных свойств и развитием на территориях распространения лёссовых отложений неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений.

В Рекомендациях предлагается методика инженерно-геологических изысканий (исследований) лёссовых отложений на основе общей закономерности их строения – *цикличности.*

Цикличность и системность в строении лессовых толщ связаны многими общими чертами Изучение цикличности осадконакопления и строения отложений логически привело к системному подходу при их изучении (*системно-структурный метод*).

Системный подход рассматривается в Рекомендациях как специальная методология исследования природных объектов (лёссовых толщ), которые можно представить как системы.

Системный подход состоит в том, что вначале лессовую толщу представляют в виде системы какого-то высокого порядка. Этот этап можно назвать макроподходом. Микроподход выражается в членении этой системы на составляющие ее подсистемы, рассмотрении связей (структуры) между ними и внутри них.

Термины и их определения приведены в прил. 1.

В зависимости от поставленной задачи подсистему можно рассматривать как самостоятельную систему

Рекомендации составлены канд. геолог.-минерал. наук Я.Е. Шаевичем. В подготовке и оформлении работы принимала участие инж. Т.М. Малышева.

Замечания просьба направлять по адресу: 105058, Москва, Окружной пр., 18, ПНИИИС Госстроя СССР

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации, составленные к главам СНиП II-9-78 "Инженерные изыскания для строительства". Основные положения, разд. 3; СНиП II-15-74 "Основания зданий и сооружений", "Инструкции по инженерным изысканиям для промышленного строительства" (СН 225–79), могут быть использованы при инженерно-геологических изысканиях в районах развития лёссовых отложений при проектировании оснований промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений.

1.2. Районы распространения лёссовых отложений относятся к территориям со сложными инженерно-геологическими условиями.

1.3. Сложность инженерно-геологических условий обусловлена в первую очередь широким развитием на лёссовых территориях физико-геологических процессов и явлений и распространением в лёссовых отложениях специфических по составу и состоянию просадочных разновидностей.

1.4. Лёссовые отложения, образующие многослойный покров, разделенный, как правило, погребенными почвами на отдельные комплексы (ассоциации), представлены суглинками, супесями и реже пылеватыми песками и глинами различного генезиса, от палевого-желтого и светло-серого до буровато-желтого цвета, содержащими по гранулометрическому составу свыше 50% пылеватых (размером 0,05–0,005 мм) частиц, легко- и среднерастворимые соли и карбонаты кальция, пористыми ($n > 42\%$), преимущественно макропористыми; в маловлажном состоянии отложения способны держать вертикальный откос, при замачивании проявляют просадочность, легко размокают.

1.5. Просадочность – способность лёссовой толщи, находящейся в напряженном состоянии, к дополнительному уплотнению в результате ее замачивания.

Напряженное состояние в рассматриваемом слое создается под действием внешней нагрузки (вес сооружения) и массы вышележащих слоев.

1.6. Просадочные свойства – *начальное просадочное давление* $P_{пр}$, *начальная просадочная (критическая) влажность* $W_{пр}$, *относительная просадочность* $\delta_{пр}$ в заданном диапазоне давлений определяются в лабораторных условиях по методикам, изложенным в главе СНиП II-15-74 и в "Руководстве по лабораторному определению деформационных и прочностных характеристик просадочных грунтов" (М., Стройиздат, 1975).

1.7. Особенность инженерно-геологических изысканий на территориях, где развиты лёссовые отложения, состоит, во-первых, в том, что для выяснения специфических свойств отложений требуется применение специальных методик, во-вторых, проектирование зданий и сооружений, возводимых на просадочных грунтах, связано с необходимостью получения дополнительных характеристик, в-третьих, для прогноза изменения геологической среды часто требуется проведение стационарных наблюдений.

2. ЦИКЛИЧНОСТЬ СТРОЕНИЯ ЛЁССОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

2.1. В последние годы наметился новый подход к изучению лессовых отложений, когда они рассматриваются не только и не столько как горные породы, а как, природное тело (слой, толща), связанное с геологической средой и изменяющееся с изменениями геологической среды.

2.2. Лёссовые разрезы имеют сложное и закономерное многослойное строение, отражающее цикличность субаэрального осадконакопления во времени и пространстве.

2.3. Под седиментационным циклом следует понимать процесс (законченный или прерванный) в смене динамических и прочих условий и обстановок осадконакопления, ведущий к формированию осадков.

Для вещественного обозначения седиментационного цикла, т.е. для лессовой толщи, образовавшейся за время одного цикла, предлагается термин *циклёсс*.

2.4. *Циклёсс* — единая, законченная совокупность лёссовых слоев и венчающих их погребенных почв, характеризующаяся направленностью строения (морфоструктуры), непрерывностью в изменении основных показателей состава, структурно-текстурных признаков, физико-механических свойств, тесным взаимоотношением и постепенными переходами от слоя к слою.

Границы с другими циклёссами по вертикали очень резкие и отчетливые.

2.5. Каждый циклёсс несет черты индивидуальности, отличается от других по мощности, характеру погребенных почв и другими особенностями, что способствует их классификации в практических целях.

2.6. В монотонных на первый взгляд многометровых разрезах лёссовых отложений повсеместно запечатлена неоднократная повторяемость литологических комплексов, ограниченных погребенными почвами. Почвы делят многометровые толщи

на отдельные комплексы, соответствующие циклам осадконакопления и формирования слоев.

2.7. Важным элементом лесса-системы являются погребенные почвы. Венчая циклессы, они являются теми рубежами, которые дают возможность судить о перерывах (замедлении) осадконакопления и о наступлении нового этапа в формировании следующего по разрезу циклесса.

2.8. Погребенные в лессовых отложениях почвы можно условно разделить на три группы:

первая – почвы с хорошо развитым и надежно фиксируемым почвенным профилем;

вторая – педолиты – образования, не имеющие всех признаков хорошо развитых (классических) погребенных почв (отсутствует, например, полный *почвенный профиль*), но имеющие четкие следы почвообразования в виде ходов и остатков корней растений и животных, ряд текстурно-структурных особенностей, почвенные новообразования, признаки типичного гумуса, специфичный минеральный и химический состав, физико-механические свойства и другие признаки, не характерные для вмещающей их лессовой толщи;

третья – педоседименты – тела в довольно чистом виде, перемещенные в другое место, но сохранившие свойства, позволяющие определять их почвенное происхождение.

2.9. Характерным для всех трех групп является их существенное отличие по облику и свойствам от вмещающих пород (лёссовых слоев).

2.10. Погребенные почвы изучаются с одной стороны, как почвенные образования, с другой, как геологические тела, в той или иной мере преобразованные процессами диагенеза, и с третьей, как компонент древнего ландшафта. Находясь на стыке по крайней мере трех наук – почвоведения, геологии и географии, *палеопедология* интенсивно использует методику исследований этих наук.

2.11. Методы изучения погребенных почв можно разделить на полевые, лабораторные и камеральную обработку, что соответствует схеме исследования лессовых отложений в целом. Этот принцип заложен в настоящих Рекомендациях Основные типы погребенных почв приведены в прил. 2.

2.12. Изучение цикличности лессовых отложений способствует решению вопросов стратификации лессовых толщ и выделению отдельных генетических типов, облегчает статистическую обработку показателей состава, состояния и физико-механических свойств по отдельным слоям и их комплексам (циклессам).

2.13. В *лёссовой системе* связь (структура) характеризуется тем, что ее элементы (лёссовые слои и погребенные почвы) связаны между собой не прямо, а через отношение к геологической среде, т.е. объединены рядом общих свойств

3. СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЁССОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

3.1. Основная цель инженерно-геологических изысканий определена п. 3.1 главы СНиП II-9-78. На основе этого разработана схема исследований лёссовых отложений при инженерно-геологических изысканиях, в которую заложен основной системный принцип – учет связи и взаимоотношений между отдельными видами исследований (работ).

3.2. Схема исследований лессовых отложений (рис. 1) при инженерно-геологических изысканиях упрощает восприятие изложенного в Рекомендациях материала, так как в ней учтена последовательность проведения отдельных видов исследований (работ); облегчает выбор оптимальных видов исследования (работ), исходя из конкретной задачи инженерно-геологических изысканий, и способствует составлению программы инженерно-геологических изысканий по конкретным районам (участкам).

СБОР, АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

3.3. В Рекомендациях рассмотрен один из этапов инженерно-геологических изысканий – сбор, анализ и обобщение материалов о природных условиях района (участка) строительства, выполненных по данным изысканий прошлых лет.

Этот этап регламентирован главой СНиП II-9-78, СН 225-79 и рассматривался в "Руководстве по инженерным изысканиям для строительства" (М., Стройиздат, 1982).

3.4. Для выполнения указанных в п. 3.3 работ предлагаются две карточки: "Учетная карточка инженерно-геологических материалов" и "Учетная карточка инженерно-геологического опробования лёссовой толщи".

Исходными данными для составления "Учетной карточки инженерно-геологических материалов" являются фондовые, технические и научные отчеты и записки, заключения, региональные очерки, сводки и другие материалы, содержащие сведения об инженерно-геологических изысканиях конкретных районов (участков). Образец карточки приведен в прил. 3.

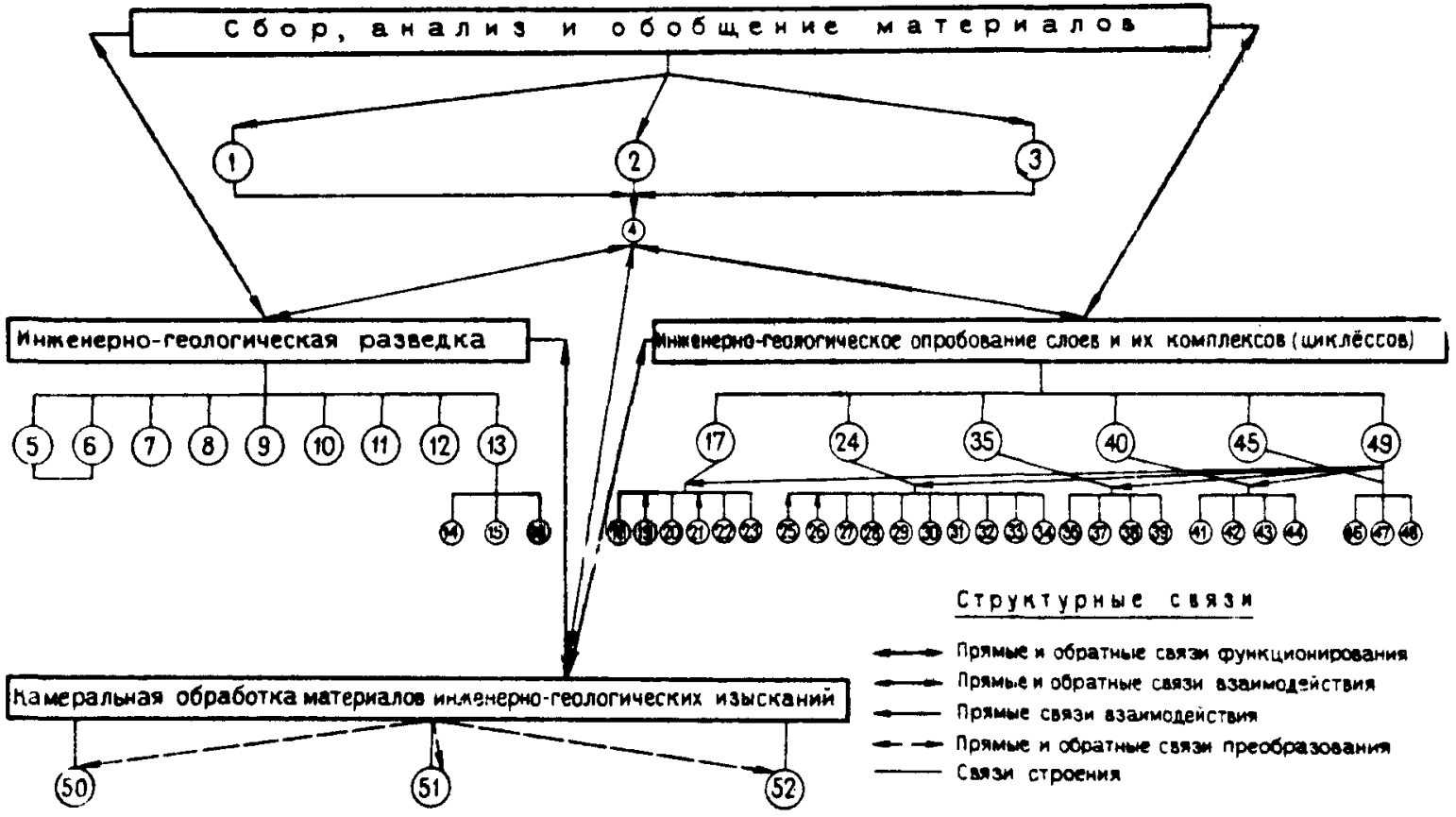

Сбор, анализ и обобщение материалов
1
2
3
4
Инженерно-геологическая разведка
Инженерно-геологическое опробование слоев и их комплексов (циклёссов)
5
6
7
8
9
10
11
12
13
17
24
35
40
45
49
Камеральная обработка материалов инженерно-геологических изысканий
50
51
52
Структурные связи
Прямые и обратные связи функционирования
Прямые и обратные связи взаимодействия
Прямые связи взаимодействия
Прямые и обратные связи преобразования
Связи строения

Рис. 1. Схема исследования лёссовых отложений в процессе инженерно-геологических изысканий

1 – сбор, анализ и обобщение материалов о природных условиях района (участка) изысканий (литературные и фондовые источники); 2 – анализ объемов, качества буровых и горно-проходческих работ и материалов опробования лессовой толщи ранее выполненных работ; 3 – анализ материалов, необходимых для предварительной оценки развития изменения геологической среды под воздействием техногенных процессов; 4 – составление программы инженерно-геологических изысканий (проект работ); 5 – буровые работы; 6 – горно-проходческие работы; 7 – геофизические работы; 8 – отбор образцов и монолитов из скважин и горных выработок; 9 – отбор образцов и монолитов из искусственных и естественных обнажений; 10 – отбор проб воды из скважин, горных выработок и источников; 11 – расчленение лёссовой толщи на слои и их комплексы; 12 – отбор монолитов из-под фундаментов зданий и сооружений; 13 – камеральная обработка; 14 – документирование буровых скважин и горных выработок; 15 – составление полевого инженерно-геологического разреза; 16 – составление полевого отчета; 17 – лабораторные исследования (18 – минералого-петрографического состава и строения; 19 – физических свойств; 20 – физико-химических свойств; 21 – физико-механических свойств; 22 – структуры и текстуры – строения; 23 – химического состава подземных и поверхностных вод); 24 – полевые исследования состава, состояния, свойств (25 – статическое зондирование; 26 – динамическое зондирование; 27 – скиметрия; 28 – микропенетрация; 29 – испытания статическими нагрузками на штамп; 30 – испытания прессиометром; 31 – вращательный срез; 32 – сдвиги целиков грунта; 33 – обрушение призм грунта; 34 – выпирание призм грунта); 35 – опытно-фильтрационные работы (36 – одиночные и кустовые откачки из скважин, шурфов; 37 – наливы воды в скважины, шурфы; 38 – одиночные и кустовые нагнетания воздуха в скважины; 39 – нагнетание воды в скважины); 40 – стационарные наблюдения (41 – за развитием физико-геологических процессов; 42 – за режимом подземных и поверхностных вод; 43 – за деформациями зданий и сооружений; 44 – за термическим режимом грунтовых толщ); 45 – специальные виды исследований (46 – радиоактивные методы; 47 – статическое и динамическое испытания лёссовой толщи сваями; 48 – опытное замачивание лессовой толщи в котлованах); 49 – камеральная обработка опробований (по видам); 50 – составление отчета об инженерно-геологических изысканиях; 51 – составление экспертных заключений; 52 – анализ инженерно-геологических аспектов изменения природной геологической среды и составление рекомендаций по ее охране

Указанная карточка несет информацию не только об объемах и номенклатуре выполненных работ и общеи (геологической и инженерно-геологической) характеристике конкретной площадки изысканий, но и дает представление о сводном инженерно-геологическом разрезе.

3.5. "Учетная карточка инженерно-геологического опробования лёссовой толщи" должна содержать информацию о состоянии и свойствах отдельных литологических разновидностей лёссовой толщи в конкретной точке изысканий (в месте проходки горной выработки, скважины, естественного или искусственного обнажения). Образец карточки приведен в прил. 4.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

3.6. При инженерно-геологической разведке основные работы связаны с бурением скважин, проходкой шурфов, дудок и шахт. Эти работы (в основном их технология) регламентированы ГОСТом 12071–72, методическими документами и описаны в специальной технической литературе.

3.7. Особую роль в изучении лёссовых отложений играют естественные и искусственные обнажения

В инженерно-геологической практике изучение лёссовых отложений в естественных обнажениях не является массовым. Чаще всего бурятся скважины Однако в керне при его хорошем выходе (*метод сплошного керна*) так же, как и в расчистках и шурфах, прослеживаются основные особенности лессовых слоев и погребенных почв. Этому не в малой степени способствуют выполненные по опорным скважинам аппликации на всю мощность пройденных скважин. Метод *аппликации* лёссовой толщи приведен в прил. 5.

Предварительный осмотр лессового обнажения

3.8. Начинать работу на искусственном или естественном обнажении необходимо с его предварительного осмотра.

Следует ознакомиться с общим характером разреза, с теми *литологическими разновидностями*, которые его слагают, уяснить характер перехода одних слоев в другие, проследить степень выдержанности отдельных лёссовых слоев и погребенных почв по вертикали и латерали, установить, не группируются ли слои в отдельные комплексы, нет ли правильного чередования отдельных слоев и их комплексов. Если этого не сделать, то при поинтервальном описании толши границы между отдельными слоями станут расплывчатыми, а весь разрез монотонным

и трудно понимаемым (сложным для изучения и в конечном итоге неправильно представленным на инженерно-геологическом разрезе).

Записи наблюдений

3.9. Записи наблюдений должны быть всегда полными и точными. Для экономии времени они могут быть сделаны с сокращениями, но эти сокращения должны быть понятны любому геологу.

Значки и непонятные сокращения с разъяснением их значений приводятся вначале дневника (в тетрадке записей).

3.10. Изучение и описание разреза непременно должны быть послойными и достаточно полными. Описание производится сверху вниз.

Мощность слоев должна быть тщательно измерена. Необходимо также отмечать, насколько описываемый слой выдержан по простиранию и падению, и, если мощность его меняется, обязательно выяснить, вследствие чего происходит это изменение: от первичного выклинивания слоя, от размыва или других причин.

Выделение естественных тел разреза

3.11. Во время предварительного осмотра толщи намечается, какие в ней можно выделить естественные тела, по которым будет строиться дальнейшее описание. Для этого прежде всего следует установить, как слои группируются в отдельные комплексы, в чем значительную помощь могут оказать погребенные почвы, венчающие циклёссы, а затем начинать подробное описание каждого слоя, входящего в циклёсс.

Характеристика пород, слагающих слои

3.12. В самом простом случе слой состоит из одной литологической разновидности и его описание в значительной мере сводится к характеристике этой породы, но нередко выделяемые слои представлены чередованием нескольких разновидностей. В таких случаях необходимо, хотя бы кратко, описать каждую разновидность.

Уже в поле необходимо иметь четкие представления о номенклатуре и классификации пород и придерживаться принятой системы. Нельзя одну и ту же литологическую разновидность вначале называть и описывать по-одному, а затем по-другому

(например, суглинок пылеватый – суглинок лессовидный). Необходимо придерживаться одного порядка описания, причем начинать его с названия породы (супесь легкая, маловлажная . . .), а не с определения ее особенностей. Пример описания приведен в прил. 6.

Наблюдения над контактами

3.13. Одной из важных задач при изучении лёссовой толщи является исследование контактов слоев, т.е взаимопереходов. Это дает ценный материал для выяснения событий, обусловивших смену одних отложений другими.

Необходимо указать, насколько отчетливы контакты, представляют ли они ровную или неровную поверхность, а если обнажение крупное, то насколько выдержан тот или иной характер контакта.

Описывая разрез, необходимо отметить, чем обусловлен переход одного слоя в другой: изменением ли состава, структуры, текстуры или другими причинами.

Обязательно следует отметить четкость контакта. Как известно, контакты могут быть либо "расплывчатыми", либо резкими. Первые характеризуются плавным, постепенным переходом одного слоя в другой и являются чаще всего показателем непрерывности отложения осадков. Резкие контакты, по которым соприкасаются отдельные слои, существенно отличающиеся по составу, свойствам, состоянию, структуре, могут возникать как при непрерывном осадконакоплении (в пределах одного циклёсса), так и при перерыве в накоплении лессового материала.

Описывая такие контакты, необходимо установить, разграничивают ли они только два смежных слоя или представляют собой поверхность, по которой соприкасаются разные циклёссы.

Общая характеристика разреза

3.14. После того, как закончено описание разреза, необходимо обобщить, суммировать все данные, полученные при описании. Должны быть отмечены закономерности строения разреза в целом, описан характер сочетания (пород) слоев и их комплексов по вертикали и в горизонтальном направлении.

Неоценимую помощь оказывают *полевые разрезы*, составленные по данным бурения или проходки выработок. Эти разрезы желательно составлять по тем же линиям, которые будут приняты при окончательной камеральной обработке материалов изысканий.

Пример составления полевого разреза приведен в прил. 7.

3.15. Изучение разрезов непременно должно быть сравнительным. Описывая каждый разрез, необходимо отмечать его отличие от ранее изученных: изменение состава и признаков (облика) литологических разновидностей, выпадение некоторых слоев или появление новых, изменение характера контактов между слоями и циклёссами, уменьшение или увеличение числа размывов и др.

3.16. Следует особо обращать внимание на геоморфологическое положение района (участка) изысканий.

Описание разреза должно завершаться его обобщенной характеристикой и кратким перечислением тех общих выводов, которые вытекают из выполненной работы.

Работы, сопровождающие описание разреза

3.17. Необходимой частью полевой работы является отбор образцов и монолитов. Их следует отбирать с совершенно определенной целью, так как беспорядочный отбор может привести к избытку или недостатку материала для лабораторных исследований и камеральной обработки.

Особо должны отбираться образцы с хорошо выраженными текстурами и структурами, следами деятельности животных, скоплениями растительных остатков. Необходимо отбирать образцы различных непонятных образований, чтобы при камеральной обработке их расшифровать.

3.18. Описание разреза очень полезно сопровождать зарисовками и фотографиями. Зарисовать можно общий вид обнажения, его детали: типы слоистости, распределение органических остатков, формы конкреций и т.п.

3.19. Фотографировать следует общий вид обнажения и характерные детали. При этом не следует забывать помещать около снимаемого объекта какой-нибудь предмет для масштаба, лучше всего линейку с нанесенными делениями или листок миллиметровой бумаги (при съемке крупным планом).

3.20. При составлении документации на шурфы, скважины при их проходке описание приходится вести от стратиграфически более высоких слоев к более низким, вследствие чего естественную последовательность изменения слоев и условий осадконакопления приходится воссоздавать позднее по записям, а не наблюдать непосредственно в разрезе. Это создает некоторые неудобства и требует особого внимания при определении характера контактов.

3.21. Полевое исследование *опорного разреза* необходимо заканчивать отбором образцов и монолитов из всей толщи (из погребенных почв во всех случаях сплошным керном) для комплексных лабораторных исследований показателей состава, состояния и свойств.

3.22. Детальное изучение керна скважины может дать ценный материал для подробной литологической характеристики разреза. Оно позволяет получить полное представление о толще лучше, чем в обнажении. Необходимо стремиться описывать полный и наиболее свежий керн.

Описание сплошного керна по опорным скважинам начинается с общего просмотра вскрытой толщи, затем устанавливаются интервалы, где фиксируются резкие переходы (по наличию погребенных почв, размывов и т.д.).

3.23. Полевое изучение погребенных почв проводится в опорных инженерно-геологических разрезах с учетом общих (или региональных) особенностей строения лёссовой толщи.

В начале работы необходимо подробно охарактеризовать породу, перекрывающую погребенную почву: описать ее цвет, текстуру и структуру, отметить наличие или отсутствие конкреций и др., тщательно исследовать границу между погребенной почвой и вышележащим слоем.

Для удобства сравнения с современными почвами описание профилей погребенных почв следует производить сверху вниз. При этом необходимо сразу же устанавливать почвенные генетические горизонты, которые, как показывает практика, уже можно выделить при полевом описании.

Результаты всех измерений при описании погребенных почв удобнее записывать в сантиметрах. Положение границ почвенных горизонтов, конкреций, включений лучше всего фиксировать по "глубинам", представляющим собой расстояние от кровли почв, другими словами, от границ погребенных почв с вышележащим слоем.

3.24. В естественных обнажениях расчистки углубляют в сторону от обрыва на такое расстояние, чтобы в их стенках были вскрыты неизмененные современным выветриванием погребенные почвы и вмещающие их лессовые отложения. Это расстояние обычно составляет 1,0–1,5 м в свежем естественном и искусственном обнажении, но оно может быть уменьшено до 0,5–0,75 м.

Стенки расчистки погребенных почв должны быть отвесными, в лессовых слоях и сбоку от отвесной стенки почвы делаются через 30–40 см ступеньки. Их желательно располагать таким образом, чтобы у основания погребенной почвы (на ее нижней границе с вмещающей толщей) была удобная площадка для работы над детальным морфологическим описанием почвенного профиля.

3.25. Морфологическое описание сопровождается масштабными зарисовками всего опорного разреза и погребенных почв,

цветовые оттенки почв документируются примазками из почв и лессовых слоев.

3.26. При описании литологических разновидностей лёссовых отложений, включая и погребенные почвы, должны быть отражены следующие признаки:

а) состав, определяемый развернутым полным названием литологической разновидности;

б) цвет;

в) текстура породы (ее тип, отчетливость, выдержанность по простиранию и т.д.);

г) структура;

д) пористость и другие физические свойства ; следует отмечать примесь обломочного материала, пластичность и другие свойства;

е) неорганические включения, в первую очередь конкреционные образования;

ж) органические остатки (состав, сохранность и условия захоронения).

3.27. Пользуясь трехчленной классификацией, все лессовые разновидности в зависимости от содержания глинистой фракции (частиц диаметром менее 0,005 м), можно разделить на следующие виды: пески пылеватые (менее 3%); супеси легкие пылеватые (3–6%); супеси тяжелые пылеватые (6–10%); суглинки легкие пылеватые (10–15%); суглинки средние пылеватые (15–20%); суглинки тяжелые пылеватые (20–25%); глины пылеватые (> 25%).

3.28. В процессе полевой работы необходимо предварительно определить главнейшие минералы, в частности, группы карбонатов.

Для полевого определения кальцита важное значение имеет его взаимодействие с соляной кислотой; капля слабой соляной кислоты немедленно вызывает бурное вскипание кальцита. Для погребенных почв интенсивность вскипания меньше, чем для вмещающих лессовых слоев.

Доломит в отличие от кальцита в лессовом образце с каплей 5%-ной HCl не реагирует. Однако при истирании образца в порошок происходит интенсивная реакция.

3.29. Изучение цвета лессовых отложений имеет большое значение для выяснения их генезиса, стратиграфии, физико-механических свойств и т.д.

Окраска лёссовых пород охватывает широкую гамму цветов, являясь характерным признаком многих черт облика отдельного образца, слоя и толщи в целом.

Лессовым разновидностям присуща, в основном, палевая (светло-желтовато-серая), коричневая разных оттенков и интенсивности, светло-бурая окраска.

От вмещающих пород погребенные почвы всегда отличаются более темными цветами и оттенками.

3.30. Цветовые характеристики чаще всего субъективны, а применяемые названия не всегда бывают общепринятыми. Рекомендуется для отдельных регионов составлять эталонные наборы цветов в воздушно-сухом состоянии [в пробирках в размельченном виде (порошок)], при этом облегчает унификацию при определении цвета использование *аппликационных лент*.

3.31. По своей текстуре погребенные почвы, по крайней мере в верхних горизонтах, как правило, неслоисты и этим резко отличаются от вмещающих лессовых слоев.

Важным текстурным признаком погребенных почв является агрегированность их верхних горизонтов. Вследствие этого в верхах профилей многих погребенных почв отмечаются мелкие агрегаты, обычно иного, чем вмещающая масса, цвета, придающие почвам характерную пятнышковую текстуру.

3.32. Важной характеристикой лессовых разновидностей является их структура. Она в значительной степени предопределяет появление тех или иных свойств у лёссовых пород.

Ряд структурных показателей, которые, помимо всего, являются еще и диагностическими, можно определять в поле.

3.33. Одной из структурных характеристик лессовых образований является пористость. Определяемая расчетом, она представляет лишь количественную характеристику, не давая никакого представления о качественных типах пор, между тем как характер последних в погребенных почвах и во вмещающих их лёссовых отложениях весьма разнообразен.

3.34. При инженерно-геологической разведке изучаются преимущественно макропоры, трещины, червеходы и замкнутые пустоты органического происхождения, корнеходы травянистой и древесной растительности, кротовины (ходы землероев), крупные пустоты суффозионно-карстового происхождения.

Указанные поры в значительной мере присущи погребенным почвам и, более того, часто являются для них диагностическими признаками.

3.35. По характеру очертаний в поперечном сечении можно выделить следующие типы макропор:

округлые, имеющие правильную форму сечения, приближающуюся к окружности;

неправильноокруглые, обладающие плавными, обычно удлиненными очертаниями;

неправильные, имеющие очень извилистые и угловатые отводы. Узкие поры этого типа носят название щелевидных.

По характеру стенок макропор выделяются следующие типы:

рыхлые, в которых стенки слабо сцементированы и недоуплотнены, поверхность их содержит выступающие рыхлосвязанные зерна;

среднеплотные, в которых обнаруживается слабая уплотненность упаковки зерен, прилегающих к стенке макропор;

плотные, имеющие уплотненную упаковку частиц, прилегающих к стенке макропор. Как правило, внутри стенки макропоры покрыты карбонатной, железистой или гумусовой пленкой.

3.36. При описании макропор должны быть отмечены их форма и приблизительный диаметр сечения. Если макропоры являются сечениям канальцев, то необходимо указать на их ориентировку (вертикальную, наклонную, горизонтальную). На различных глубинах в пределах отдельных слоев необходимо подсчитать число макропор на 1 $см^2$ при помощи транспаранта (куска картона или фанеры с несколькими вырезанными квадратными окошечками площадью 1 $см^2$ каждое), накладываемого на зачищенный горизонтальный срез ориентированного образца лессовой породы. Подсчет производят по нескольким окошечкам (3–5) и затем принимают среднее число макропор.

В погребенных почвах макропор размером свыше 1 мм значительно больше, чем во вмещающих породах.

Макропоры бывают неправильной формы, чаще всего изометричные, удлиненные или удлиненные с пережимами.

3.37. Важным морфологическим признаком погребенных почв является наличие корней растений (количество, размеры и глубина проникновения), их отпечатков, а иногда ожелезненных корневых "трубочек" или корневых "пустот".

Толщина корней обычно равна нескольким миллиметрам и в сравнительно редких случаях свыше 1 см. Это свидетельствует о том, что растительность, произраставшая на почвах, была почти исключительно травянистой.

Максимальная глубина проникновения корней редко превышает 50–60 см.

3.38. Ходы (норки) червей проходят в лессовых отложениях преимущественно вертикально, а в погребенных почвах образуют сложную сеть канальцев, что может служить дополнительным диагностическим признаком.

Стенки норок червей в лёссах чаще всего голые, в погребенных почвах – выстилаются извергенным червями мелкозернистым темноцветным материало или растительными остатками; число ходов червей достигает 10–15 на 1 см^2.

В лёссовых образованиях иногда наблюдаются полости диаметром до 12–15 см и глубиной до 3–5 м.

В погребенных почвах эти образования (кротовины) заполнены материалом, резко отличающимся от материала вмещающих пород и сходного с почвой. В погребенных почвах кротовин больше, чем во вмещающих слоях, число достигает 15–20 на 1 м^2.

3.39. Новообразованиями погребенных почв являются все вещества или их достоверные следы (например, псведоморфозы, отпечатки), которые возникли в процессе почвообразования. По составу они могут быть разнообразными. Встречаются новообразования такого состава, как в современных почвах (известковые, гипсовые и т.д.), характерные только для погребенных почв и неизвестные в современных почвах.

3.40. Конкреции – минеральные новообразования в лёссовых толщах, заметно отличающиеся по цвету, плотности, строению и химическому составу от вмещающих пород; встречаются также конкреционные прослои.

Конкреционные прослои характерны для погребенных почв преимущественно черноземного типа.

Граница между конкрециями и вмещающей толщей (породой) может быть как резкой, так и неотчетливой.

3.41. Для лёссовых отложений характерны карбонатные конкреции. В значительно меньшем количестве в них находятся конкреции гипсово-известковистые, гипсовые и железисто-марганцевые.

Карбонатные конкреции в лессовых отложениях имеют разнообразную форму и различные наименования: "дутики", "журавчики", "куколки" и т.п.

Размер карбонатных конкреций в погребенных почвах больше (до 3–5 см), чем во вмещающих лёссах.

В погребенных почвах распространены преимущественно постдиагенетические конкреции, тесно связанные с процессами почвообразования и выветривания.

3.42. Погребенным почвам нередко по корням растений свойственны псведоморфозы $CaCO_3$ и некоторые известковистые конкреции трубчатой формы.

В лёссовых толщах встречается гипс в виде конкреций, имеющих форму хорошо раскристаллизованных друз и желваков.

3.43. В лёссовых толщах и особенно в погребенных почвах встречаются, кроме карбонатных и гипсовых, железисто-марганцевые конкреции в виде мелких точечных зерен оолитового строения, бобовин, "пунктуации", а иногда и тонкие конкреционные прослои.

Железисто-марганцевые конкреции бывают размером от долей миллиметра до 2 см, в погребенных почвах они крупнее, представлены обильнее и чаще всего имеют шарообразную форму. Кроме того, железисто-марганцевые новообразования встречаются в виде пленок, пятен и дендритов.

3.44. Расчленение лёссовых толщ при инженерно-геологической разведке может осуществляться геофизическими методами. Среди геофизических методов наиболее эффективными для расчленения являются каротажные: ядерно-физические, акустические, электрические.

3.45. Расчленение лёссовых толщ методом естественного гамма-излучения основано на различном содержании радиоактивных элементов в погребенных почвах и во вмещающих их слоях. Погребенные почвы характеризуются, как правило, повышенным гамма-фоном. При измерении естественного гамма-излучения используют радиометры различных марок, выпускаемые промышленностью, а также автоматическая электронная каротажная станция СКВ-69.

3.46. Методы гамма-гамма-каротажа (ГГК) и нейтрон-нейтронного каротажа (ННК) позволяют расчленять толщу на отдельные слои по величинам плотности и влажности литологических разновидностей. При измерениях плотности методом ГГК используют плотномеры типов ГГП-2, РПГ-36, ППГР-1 в соответствии с ГОСТ 5182–78. При измерениях влажности методом ННК используются влагомеры типов НИВ-2, РВГ-36, ВПГР-1 в соответствии с ГОСТ 24181–80.

3.47. Расчленение лёссовой толщи методом акустического каротажа основано на различии скоростей упругих волн в погребенных почвах и во вмещающих их лессовых слоях. Скорость распространения продольных волн в погребенных почвах, как правило, в 1,5–2 раза больше, чем во вмещающих их слоях. Акустический каротаж производится в необсаженных скважинах прижимными зондами, содержащими источник и приемники из пьезоэлементов. В качестве регистрирующей аппаратуры используют импульсные акустические приборы типов УК-10ПМ, УКБ-2 и др.

3.48. Электрический каротаж (КС) используется для стратиграфического расчленения лёссовых толщ на слои, различающиеся по удельному электрическому сопротивлению. Для

погребенных почв этот показатель в 2–3 раза меньше, чем для вмещающих слоев. Электрический каротаж производится в необсаженных скважинах зондом со "щеточными" электродами и регистрирующей аппаратурой: автокомпенсатором типа АЭ–72, каротажной станцией СКВ-69 и др.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ СЛОЕВ И ИХ КОМПЛЕКСОВ (ЦИКЛЁССОВ)

3.49. На рис. 1 приведен полный комплекс работ и исследований, которые применяются в зависимости от конкретной задачи инженерно-геологических изысканий.

В Рекомендациях рассматриваются лишь лабораторные исследования состава, состояния и свойств грунтов, необходимые для разделения лёссовой толщи на отдельные слои и их комплексы.

3.50. Крупная фракция в лёссовых отложениях представлена легкими и тяжелыми минералами в зависимости от их плотности (удельного веса).

3.51. В погребенных почвах среди минералов легкой фракции преимущественно встречается кварц, количество которого больше, чем во вмещающих лёссовых толщах (иногда до 80–70%); соотношение кварца и полевых шпатов большее, чем во вмещающих толщах (8–9 против 3–5).

3.52.Содержание полевых шпатов в погребенных почвах варьирует в пределах 7–22%. В полевых шпатах погребенных почв преобладают выветрелые зерна над свежими. Полевые шпаты представлены калиевыми развидностями и плагиоклазами. Калиевые шпаты пелитизированы, бурого цвета, отмечаются зерна плагиоклазов с развитием серицита и эпидота.

3.53. Карбонатные минералы в основном представлены кальцитом и меньше доломитом и другими минералами.

Общая карбонатность погребенных почв меньше, чем во вмещающих толщах, и колеблется в пределах 4–15%.

3.54. Слюды (цветные и бесцветные) представлены удлиненными, изогнутыми волокнистыми разностями. Часто наблюдается как бы чередование бурых волокон с зелеными, указывающими на хлоритизацию. Иногда слюды сильно аморфизированы и находятся в стадии перехода в глинистые минералы.

Количество слюды, особенно цветной, в погребенных почвах чаще всего больше, чем во вмещающих лёссовых породах (в пределах от 5 до 22%).

3.55. Тяжелая фракция минералов состоит главным образом из зерен рудных минералов (ильменит, магнетит), эпидот-цоизита, роговой обманки.

К устойчивым минералам при почвообразовании относятся ильменит, лейкоксен, циркон, анатаз, дистен и другие. Этих минералов в погребенных почвах в большинстве случаев всегда больше, чем в лёссовых толщах. Наоборот, пироксенов (авгит) и амфиболов (роговой обманки, актинолита) меньше, чем во вмещающих слоях.

Из аутигенных минералов тяжелой фракции наиболее распространен лимонит. Его в погребенных почвах почти всегда на 2–4% больше.

Лимонит чаще всего красного цвета, в зернах наблюдается в небольших количествах, в основном приурочен к гумусированным участкам.

3.56. Коллоидно-дисперсные минералы являются постоянной составляющей лессовых пород. Обладая высокой удельной поверхностью, эти минералы составляют наиболее активную часть породы.

Из глинистых минералов в погребенных почвах чаще всего фиксируется монтмориллонит и реже гидрослюда.

Глинистые минералы часто имеют призматические формы с неровными, нечеткими очертаниями, лишь иногда стороны призм сравнительно параллельны.

3.57. В шлифах почв отмечается большое содержание карбонатов и кристаллов гипса, хорошо видны темные пятна, примочки гумуса, иногда гумус заполняет трубочки от корней растений.

Часто встречаются кремнистые обломки с черной оболочкой окисного железа.

3.58. К особенностям химического состава погребенных почв следует отнести:

небольшое содержание легкорастворимых солей на 100 г навески грунта: 0,02–0,12% бикарбонатов магния и натрия 0,002–0,03% сульфата и хлорида натрия;

бóльшую, чем для вмещающих толщ, величину кремнекислого коэффициента K_i (3,95–4,75). Высокая величина кремнекислого коэффициента свидетельствует о накоплении в результате почвообразования коллоидного кварца и интенсивной деградации материнской лёссовой породы;

значительно бóльшую, чем для вмещающих толщ, величину потери при прокаливании (5,5–9,1%), так как при прокаливании порода теряет воду, гумус, CO_2, адсорбированные газы и частично хлориды;

меньший, чем во вмещающих слоях, показатель pH, который варьирует в пределах 6,8–7,9;

снижение почти в два-три раза сухого остатка, величина которого колеблется в пределах 0,17–0,49% на 100 г навески сухого грунта;

в гумусированных горизонтах заметно скопление легкорастворимых солей, а также гипса, что объясняется процессами вторичного галогенеза при дальнейшем накоплении лёссообразующих осадков.

3.59. Инженерно-геологическое изучение лессовых отложений не мыслится без анализа структурных характеристик пород.

При изучении структуры рекомендуется выделять ее класс, подкласс, тип, вид и разновидность.

3.60. Классы структуры выделяются на литологической основе. При этом главным фактором служат взаимоотношения песчано-пылеватых с тонкодисперсной коллоидной и цементирующей составляющими породы.

3.61. Подклассы структур выделяются на основе учета преобладающих структурных связей. Характеристики подклассов базируются на физико-химических и литолого-грунтоведческих представлениях.

3.62. Типы структуры выделяются на основе характера взаимоотношений твердой, жидкой и газообразной частей породы.

3.63. Виды структур устанавливаются по результатам определения пористости породы.

3.64. Выделение разновидности структур основано на определении содержания частиц диаметром менее 0,002 мм.

3.65. В прил. 8 приведены основные структурные характеристики погребенных почв с комментариями об их отличии от вмещающих слоев. Методы определения характеристик указаны в работе А.К. Ларионова "Методы исследования структуры грунтов". М., Недра, 1971.

3.66. Среди структурных характеристик немаловажную роль играют зерна и агрегаты.

Изучение форм и размеров зерен представляет определенный интерес. Их характер зависит от ряда факторов, главными из которых являются: минералогический состав, условия образования и процессы выветривания.

Опыт изучения зерен, преимущественно песчаных и пылеватых, говорит о том, что их оценка должна даваться в основном по двум признакам: общему облику (форме) и окатанности (сглаженности).

3.67. Форма и взаимоотношения зерен d = 0,01–1,0 мм

изучаются макрофотографическим, $d > 0{,}01$ мм бинокулярным, а $d < 0{,}005$ мм микроскопическим методами.

3.68. Своеобразную структуру погребенным почвам придают агрегаты, которые по составу бывают такими, как окружающая их почвенная масса, и глинистыми. Встречаются агрегаты, которые по сравнению с почвенной массой более железистые или известковистые.

Величина агрегатов различна, но чаще всего от долей миллиметра до нескольких миллиметров.

3.69. Для верхних горизонтов хорошо развитых погребенных почв чрезвычайно характерна так называемая порфироскелетная структура, при которой пылеватые и песчаные частицы "плавают" в глинистой массе, не соприкасаясь между собой.

Такая структура возникает вследствие разложения неустойчивых в условиях выветривания минералов и интенсивного оглинения. Поэтому пылеватые и песчаные частицы представлены, как правило, наиболее устойчивыми к выветриванию минералами (обычно кварцем).

3.70. В погребенных почвах встречаются в основном вторичные агрегаты, образуемые в результате последующих изменений при эпигенезе и определяющие многие физико-механические их свойства. Возраст агрегатов всегда моложе остальной части породы, размер 0,024–0,085 мм. Крупные агрегаты в основном простые и встречаются реже.

3.71. Сложные агрегаты чаще бывают размером до 0,36х х0,24 мм, содержат кроме глинистого материала зерна кварца, полевых шпатов и акцессорных минералов.

На многих агрегатах хорошо выражена монтмориллонитогидрослюдистая оболочка шириной до 0,08–0,016 мм. Форма агрегатов в основном изометричная, напоминающая шестиугольник, реже – овальная, округлая. Имеются скопления железисто-марганцевого состава. Часто по обломочным и глинистым агрегатам развит гумус, который придает им бурый цвет.

Иногда на фоне массивного сложения слюдисто-глинистой массы наблюдаются рыхлые полиминеральные агрегаты.

3.72. Экспериментально подтверждено теоретическое предположение о зависимости физико-механических свойств грунтов от их состава и строения.

В прил. 9 приведены характерные для погребенных почв показатели физико-механических свойств с комментариями об их отличии от вмещающих пород.

3.73. Статическое и динамическое зондирование являют-

ся наиболее распространенными методами полевого опробования лёссовых отложений.

3.74. Работы по зондированию рекомендуется производить в соответствии с "Указаниями по зондированию грунтов для строительства" (СН 448-72), а также ГОСТ 20069–81 и ГОСТ 19912–81.

3.75. В сочетании с другими видами работ или самостоятельно зондирование может успешно применяться для расчленения лессовой толщи на отдельные слои и их ассоциации, оценки пространственной изменчивости состава и свойств грунтов, ориентировочной оценки физико-механических свойств лёссовых разновидностей и решения ряда других вопросов.

3.76. Показатели статического и динамического зондирования: *удельное сопротивление грунта под конусом зонда* $q_з$ и удельное динамическое сопротивление грунта $P_д$ хорошо коррелируют с основными показателями состава и состояния лёссовых отложений (консистенцией, влажностью, гранулометрическим составом, деформационными и прочностными характеристиками).

3.77. Особенно отчетливо наблюдается зависимость изменения по разрезу гранулометрического состава и показателей коэффициента цикличности от показателей зондирования.

3.78. При зондировании лёссовых толщ наблюдается закономерность: для погребенных почв показатель зондирования в 1,5–3,5 раза ниже, чем для вмещающих их слоев.

3.79. Переломы на графиках зондирования чаще всего совпадают с резкими изменениями на графиках гранулометрического состава и коэффициентов цикличности.

3.80. В прил. 10 приведены для лёссовых толщ характерные черты изменения показателей зондирования.

КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ (ИССЛЕДОВАНИЙ) ЛЁССОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

3.81. Отчеты (заключения) об инженерно-геологических условиях рекомендуется составлять в соответствии с главой СНиП II-9-78, СН 225-79, ГОСТ 20522–75, "Руководством по проектированию оснований зданий и сооружений", разд. 4 (М., Стройиздат, 1977); "Руководством по инженерным изысканиям для строительства" (М., Стройиздат, 1982).

3.82. В настоящих Рекомендациях рассматривается вопрос о составлении инженерно-геологических разрезов, связанный с расчленением лёссовой толщи на отдельные слои и их комп-

лексы (циклессы) и графическим изображением толщи в виде системы.

3.83. Инженерно-геологический разрез – уменьшенное графическое отображение на чертеже условного вертикального сечения лессовой толщи с ее инженерно-геологическими характеристиками.

3.84. Инженерно-геологический разрез должен нести информацию об инженерно-геологических факторах [составе и характере залегания слоев (или ИГЭ) и их комплексов, гидрогеологических условиях, физико-механических свойствах литологических разновидностей], собранных и охарактеризованных в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проектированию и строительству инженерных сооружений.

Разрез должен отражать изменения указанных факторов в пространстве.

3.85. Правильно составленный инженерно-геологический разрез является основным документом, наиболее полно отображающим инженерно-геологические условия района (участка).

3.86. Инженерно-геологический разрез является и основным документом для выбора и расчета наиболее оптимального варианта оснований и фундаментов.

3.87. Правильно и научно обоснованно разделить толщу на отдельные слои и циклессы можно, пользуясь не одним-двумя, а целым комплексом генетически связанных друг с другом признаков, отражающих взаимосвязанное влияние всех стадий преобразования осадка в породу.

Вместе с тем необходимо из многообразия признаков выделить те главнейшие, диагностические, которые наиболее полно и однозначно характеризуют лёссовые отложения в связи с их цикличностью.

3.88. Специфичность строения лёссовых отложений и характер изменения по разрезу основных показателей состава, структуры, текстуры и физико-механических свойств и в особенности главного структурного признака – гранулометрического состава, свидетельствующего о том, что любой разрез лессовых отложений, независимо от фациальных особенностей по последовательности породных слоев и их комплексов, распадается на отдельные четкие циклокомплексы (циклессы), легко обнаруживаемые при графическом изображении гранулометрического состава.

3.89. Многочисленными исследованиями доказано, что и другие структурно-текстурные признаки, вещественный и химический состав, физико-механические свойства закономерно

изменяются в пределах отдельных циклёссов и во всей толще в целом.

Границы этих изменений чаще всего совпадают с переломами и аномалиями на гранулометрических кривых.

Это свидетельствует о тесной корреляционной связи всех признаков друг с другом и в особенности с гранулометрическим составом.

Отсюда следует, что, выделяя отдельные циклессы по гранулометрическому составу, тем самым выделяют их и по другим признакам.

Вышеописанное дает право принять в качестве одного из основных диагностических признаков расчленения лессовых толщ гранулометрический состав.

Диагностическое значение гранулометрического состава, анализ отдельных групп фракций (песчаных, пылеватых, глинистых) способствуют поиску интегрального цифрового критерия для выделения в разрезе отдельных циклессов.

3.90. Комплексное изучение лессовых отложений показывает, что основными фракциями, оказывающими существенное влияние на облик и свойства лессовых отложений, являются крупнопылеватые d = 0,01–0,05 мм и глинистые частицы d < 0,005 мм.

В качестве так называемого коэффициента цикличности $K_{ц}$ рекомендуется принять процентное отношение частиц d < < 0,005 мм к частицам d = 0,01–0,05 мм.

Анализ значений $K_{ц}$ по разным регионам показал его хорошую корреляцию с другими показателями состава, свойств, а также со стратиграфией лессовых отложений.

3.91. По мере утяжеления гранулометрического состава $K_{ц}$ увеличивается. По сравнению с вмещающими слоями погребенные почвы имеют коэффициент цикличности $K_{ц}$ в 3–5 раз больше. Это совместно с другими признаками позволяет легко фиксировать погребенные почвы.

3.92. Гранулометрические особенности отдельных циклессов – это не случайное чередование литологических разновидностей с разной гранулометрией по крупности зерен, а совершенно закономерно построенные комплексы, отражающие взаимодействие участвующих при их образовании различных природных факторов.

3.93. При построении инженерно-геологического разреза по сути графически воспроизводится как бы "вырезанная" из литосферы лёссовая толща, ограниченная глубиной горных выработок (геофизических или зондировочных данных), а

по латерали – зоной взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой.

3.94. Построение разреза начинается с анализа полевого разреза и аппликационной ленты по опорным выработкам. На чертеж (по выбранной линии разреза) наносятся горные выработки и поверхность рельефа (каркас разреза), затем отбиваются (отмечаются) интервалы, где зафиксированы погребенные почвы (визуально) по данным полевого разреза и по аппликационной ленте).

3.95. На каркас разреза наносятся графики зондирования и графики изменения коэффициента цикличности (или гранулометрические кривые), что позволяет наметить интервалы глубины, где зафиксированы погребенные почвы, свидетельствующие о перерывах (замедлении) осадконакопления и венчающие отдельные циклессы. Это первый этап расчленения толщи на отдельные ассоциации (комплексы) слоев.

3.96. Второй этап – анализ лабораторных данных состава, состояния и свойств вскрытых разведкой и опробованных разновидностей. Зная характерные черты (особенности) погребенных почв (см. прил. 8, 9), уточняется их предварительное фиксирование, а также выделяются те, которые на предварительном этапе не были зафиксированы.

3.97. Третий этап – разделение циклессов на отдельные слои (ИГЭ) производится по данным разведки и опробования (лабораторным данным).

3.98. Разрезы строятся слева направо в направлении с юго-запада, запада, северо-запада на северо-восток, восток, юго-восток. Разрезы меридионального направления строятся с юга на север. Угол поворота линии разреза на топографическом плане не должен превышать 90°.

Разрезам присваиваются номера, обозначаемые римскими цифрами (например, I–I, II–II и т.д.) и проставляемые на концах линий разрезов на одном уровне (на 2 см выше наибольшей отметки земной поверхности на разрезе).

3.99. Разрезы с левой стороны должны ограничиваться линейным вертикальным масштабом. За величину основания линейного масштаба принимается 1 см.

3.100. Снизу разрезы следует ограничивать горизонтально расположенной колонкой с высотой каждой строки 0,5 см. На колонке слева от разреза даются наименования строк: "Вид и номер выработки (точки)", "Отметки устья, м", "Расстояние, м".

3.101. Вертикальный масштаб разрезов должен отличаться

от горизонтального не более, чем в 10 раз при горизонтальном, и не более, чем в 5 раз – при наклонном залегании слоев.

Выделенные слои (ИГЭ) должны нумероваться арабскими цифрами, начиная с более молодых отложений.

3.102. На разрезах при помощи условных обозначений должны быть показаны:

горные выработки (буровые скважины, шурфы, дудки и др.), их номера, отметки устья;

места отбора монолитов и образцов из погребенных почв и вмещающих их слоев;

места проведения полевых исследований состава, состояния и свойств литологических разновидностей;

номенклатурный вид грунта;

геологические границы и границы слоев и их ассоциаций (циклессов), номера слоев (ИГЭ);

уровни подземных вод и даты их замера;

графики цикличности;

графики статического и динамического зондирования.

3.103. Освещение и характеристика лёссовой толщи на разрезах, как правило, должны соответствовать глубинам пройденных горных выработок. При необходимости глубина освещения может быть увеличена по результатам изучения толщи геофизическими методами или зондированием.

3.104. Выбор направлений разрезов должен обеспечивать наиболее полное освещение инженерно-геологических условий строительства объекта.

3.105. Литологический (петрографический) состав слоев (ИГЭ) показывается штриховыми знаками (крапом). На фоне обозначения литологического состава редкими наложенными знаками дополнительно наносятся наиболее характерные особенности грунтов (просадочность, гумусированность, засоленность и др.).

3.106. При расчленении толщи по возрасту руководствуются стратиграфической классификацией, утвержденной Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР, и местными (региональными) стратиграфическими схемами, принятыми геологической службой Мингео СССР для данной территории.

3.107. На разрезах по каждой выработке, вскрывшей воду, должны быть показаны глубина установления уровня грунтовых вод, его отметка и дата замера, а для напорных вод указывается также глубина их появления.

3.108. Отметки уровней поверхностных вод на разрезах,

пересекающих водотоки и водоемы, указываются с датой их замера. Если это требуется техническим заданием, на разрезы наносится горизонт высоких вод с заданной обеспеченностью.

3.109. Для каждого слоя (ИГЭ) в таблице приводятся нормативные значения характеристик физико-механических свойств грунтов или расчетные значения этих характеристик при доверительной вероятности, требуемой техническим заданием.

3.110. На разрезах, строящихся по осям фундаментов зданий и сооружений или пересекающих места их размещения, при необходимости показывают контуры зданий и сооружений с указанием их наименования и номера по генплану, а также планировочные отметки.

3.111. На разрезах горные выработки показываются двумя параллельными линиями, проводимыми друг от друга на расстоянии 2 мм — скважины и 3 мм — шурфы и дудки. Скважины динамического и статического зондирования показываются на разрезе одной линией.

Горные выработки вычерчиваются сплошными линиями, если они находятся на линии разреза, и штриховыми, если они снесены на разрез. У нижних концов линий слева показывается отметка забоя выработки, справа — глубина (прил. 11).

3.112. Места отбора образцов грунта и проб воды из горных выработок изображаются на соответствующих глубинах справа от обозначения горной выработки.

3.113. Границы слоев ИГЭ наносятся линиями толщиной 0,2 мм, циклессов — 0,4 мм, стратиграфические границы — линиями толщиной 0,7 мм (сплошными или штриховыми в зависимости от их обоснованности). Положение уровня подземных вод показывается штрих-пунктирной линией толщиной 0,5 мм. На пересечении границ с каждой выработкой слева от выработки проставляется отметка подошвы слоя, справа — глубина от устья выработки.

3.114. Возраст и генезис грунтов следует обозначать буквенными и цифровыми индексами в соответствии с принятой стратиграфической схемой.

3.115. Номера слоев ИГЭ и стратиграфические индексы, показываемые на разрезах, должны заключаться соответственно в круглые и проямоугольные (прил. 11), а номера циклессов — в квадратные рамки.

3.116. Пример составления инженерно-геологического разреза с использованием системных признаков приведен в прил. 11

Приложение 1

Термины и их определения, применяемые в настоящих Рекомендациях

Аппликация (грунтовая) – способ изображения путем наклеивания на марлю среза грунта ненарушенного сложения и структуры;

аппликационная лента – сплошная аппликация лёссовой толщи на всю мощность пройденной выработки;

лёссовые отложения – природные осадочные образования, представленные литологическими разновидностями со специфичными свойствами (п. 1.4 Рекомендаций);

лёссовая система – целостное тело с определенной структурой его неделимых на заданном уровне породных слоев и погребенных почв, обладающее определенной эмержентностью, иерархичностью и упорядоченностью во времени;

литологическая разновидность – горная порода, имеющая свойственные ей отличительные черты состава, структуры, текстуры, свойств и генетических признаков;

метод сплошного керна – сплошной (безынтервальный) отбор монолитов из горных выработок по мере их проходки;

начальная просадочная (критическая) влажность – минимальная влажность, при которой под действующим давлением проявляется просадка грунта (относительная просадочность $\delta_{пр} \geqslant 0{,}01$);

начальное просадочное давление – минимальное давление, при котором начинает проявляться просадка грунта при его полном водонасыщении. За начальное просадочное давление (по данным компрессионных испытаний) принимается величина вертикального давления на образец, при котором относительная просадочность $\delta_{пр} \geqslant 0{,}01$;

опорный разрез – наиболее характерный для района (участка) изысканий геолого-литологический разрез, на котором проведено опробование лёссовой толщи по широкой программе (определение состава, состояния, структуры и свойства литологических разновидностей);

относительная просадочность – отношение изменения толщины слоя грунта (высоты образца) в результате замачивания при заданном вертикальном давлении к его толщине в природном залегании (высоте образца при природном давлении);

палеопедология – наука о почвах, существовавших в течение геологических эпох. Наиболее развит раздел, исследующий погребенные почвы четвертичного периода;

полевой разрез – схематическое отображение на чертеже визуально установленного чередования породных слоев (погребенных почв), а также уровней залегания подземных вод;

почвенный профиль – вертикальный разрез почвы от ее поверхности до нижней границы с лёссовым породным слоем. Состоит из почвенных горизонтов;

системно-структурный метод – исследования, позволяющие представлять и изучать природные тела (лёссовые отложения) как системы;

цикличность – выражение одного из главных свойств цикла, его целостности, внутреннего единства явлений, каждое из которых представляет фазу (или этап, стадию, элемент) развивающегося процесса.

Приложение 2

Основные типы погребенных почв

Черноземы типичные – под гумусовым горизонтом в профилях этих почв можно видеть карбонатный горизонт, часто в виде прослоя известковых конкреций. Характерно наличие кротовин;

черноземы выщелоченные – темно-серые, желтовато-бурые, сероватожелтые, комковатые, часто бесструктурные, пронизанные корнями растений;

черноземы оподзоленные – в отличие от выщелоченных имеют ясно выраженные признаки оподзоливания – морфологически лучше оформленный иллювиальный горизонт, более четкое распределение глинистых частиц и полуторных окислов по профилю с накоплением их в аллювиальном горизонте. Вскипают при действии HCl;

серые лесные – темно-серые, серые с белесым оттенком за счет появления кремнеземистой присыпки, рыхлые, пронизаны корнями растений. Карбонаты в виде белоглазки и псевдомицелями по ходам корней растений;

лесные (коричневые, красноземы) – представлены темным коричнево-бурым гумусовым горизонтом, подстилаемым мощной выщелоченной зоной оглеения красного цвета с угловато-глыбистой структурой, с жирным блестящим железисто-марганцевым налетом по трещинам;

сероземы – обычно сероземный почвенный профиль не виден в лёссовой толще;

подзолистые – имеют подзолистый элювиальный и плотно сцементированный иллювиальный горизонт, часто ортштейновый;

луговые – выражены в виде гумусовых прослоев зернистой структуры со слабо дифференцированным почвенным профилем. Ниже почвенного горизонта нередко отмечаются признаки оглеения;

болотные – характеризуются наличием деградированного торфяного горизонта с признаками оглеения;

лугово-болотные – малогумусовые тяжелые глины, иногда с корнями болотной растительности;

солонцевого типа – – наличие призматической, столбчатоореховой структуры и остроугольных агрегатов с глянцевым налетом.

Приложение 3

Организация _____

УЧЕТНАЯ КАРТОЧКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Место хранения материалов _____ Карточка № _____

_____ Лист № _____

_____ (район по карте фактического

материала или по картограмме

Инвентарный номер (шифр) _____

материалов _____ изученности)

_____

1. Название материалов, автор и год составления _____

_____

2. Местоположение объекта _____ Паспортизация выработок

[край, область, район, город,

_____

(поселок)]

3. Организация, выполнившая изыскания _____

_____

4. Дата производства работ _____

5. Изыскания на стадии проектирования _____

Номер	
выработки	паспорта

6. Стоимость работ _____

7. Краткая аннотация _____

а) Текст отчета _____ с., текстовых приложений _____ с., графических приложений _____ листов

б) Пробурено скважин глубиной от _____ до _____ м. Всего _____ м, в том числе скважин способом бурения _____

_____

в) Пройдено шурфов сечением _____ м, глубиной от _____ до _____ м. Всего _____ м.

Выполнено полевых испытаний грунтов _____
(вид и объем)

_____

_____

8. Выполнено лабораторных исследований грунтов _____
(вид и объем)

_____

_____

_____

Подпись лица, заполнившего карточку _____

Приложение 4

Учетная карточка инженерно-геологического опробования лёссовой толщи

1. Объект (название) _____
2. Адрес _____
3. Организация, выполнившая работу _____
4. Выработка, номер в отчете (на картограмме изученности) _____
5. Абсолютная отметка устья _____
6. Геоморфологическое положение выработки _____
7. Глубина выработки, м _____
8. Дата _____

Номер слоя	Мощность слоя, м, от _____ до _____	Генезис, геологический индекс	Описание слоев и погребенных почв

Номер слоя	Гранулометрический состав, % и размер частиц, мм								Природная влажность W	Характеристика пластичности		
	песчаных					пылеватых		глинистых		граница		число
	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005		текучести W_L	раскатывания W_p	пластичности J_p
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Консистенция B	Удельный вес γ_s	Плотность (объемный вес) г/см³		Пористость, %	Коэффициент пористости e	Степень влажности G	E (компрессионное), МПа (кг/см²)	E (по штампу), МПа (кг/см²)	Угол φ, град	Удельное сцепление, МПа (кг/см²)	$\delta_{пр}$ при давлении, МПа (кг/см²)			Начальное просадочное давление $P_{пр}$, МПа (кг/см²)
		γ	$\gamma_{ск}$								0,1	0,2	0,3	
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Метод аппликации лёссовой толщи

1. Проходят скважину (дудку, шурф) диаметром не менее 168 мм. Грунтоносом (из скважин) производят сплошной отбор монолитов.

2. Монолит по продольной оси делят на две половины. На рис. 2 показано приспособление для разделения монолита. На зачищенную поверхность плотно прикладывают марлю и равномерно наносят слой клея БФ-4 (БФ-6). Через 3–6 ч (клей должен высохнуть) осторожно снимают марлю, на которой образуется тонкий срез (отпечаток) грунта.

3. Распылителем на поверхность аппликации наносят слой (иногда два) бесцветного нитролака. Образовавшаяся пленка хорошо консервирует цвет и все характерные природные признаки и особенности грунта.

4. Производство работ не требует высокой квалификации. Может выполняться техником. Производительность 4–5 м аппликации за один рабочий день.

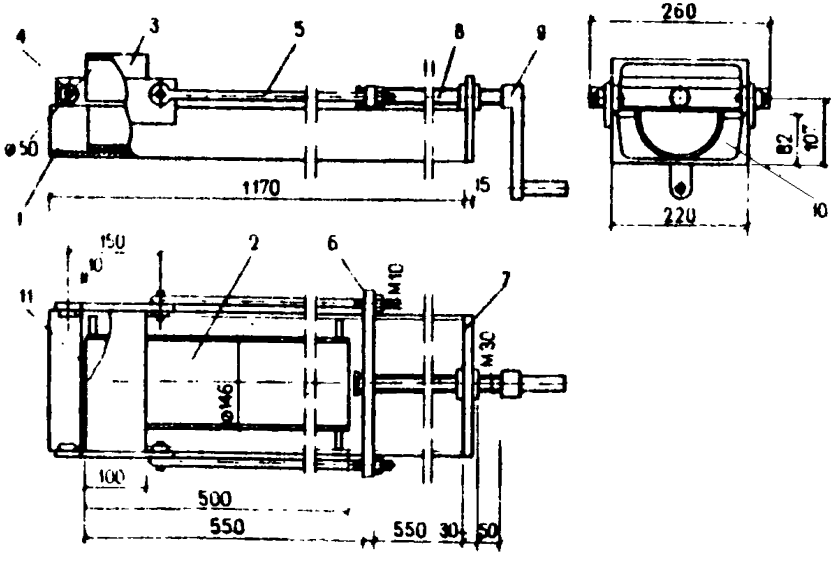


Рис. 2. Приспособление для разделения монолитов

1 – основание (швеллер № 22, l = 1170 мм); 2 – желоб (1/2 колонковой трубы ø = 146 мм, L = 500 мм); 3 – ползун (швеллер № 22, l = = 100 мм, накладки размером 20(x 7; – 2 шт.); 4 – ролики 4 шт.; 5 – тяги 2 шт; 6 – поперечина; 7 ластина размером 220x140 мм); 8 – винт М 30; 9 – рукоятка; 10 – пер ачка 2 шт.; 11 – струна ø 0,5 мм

Приложение 6

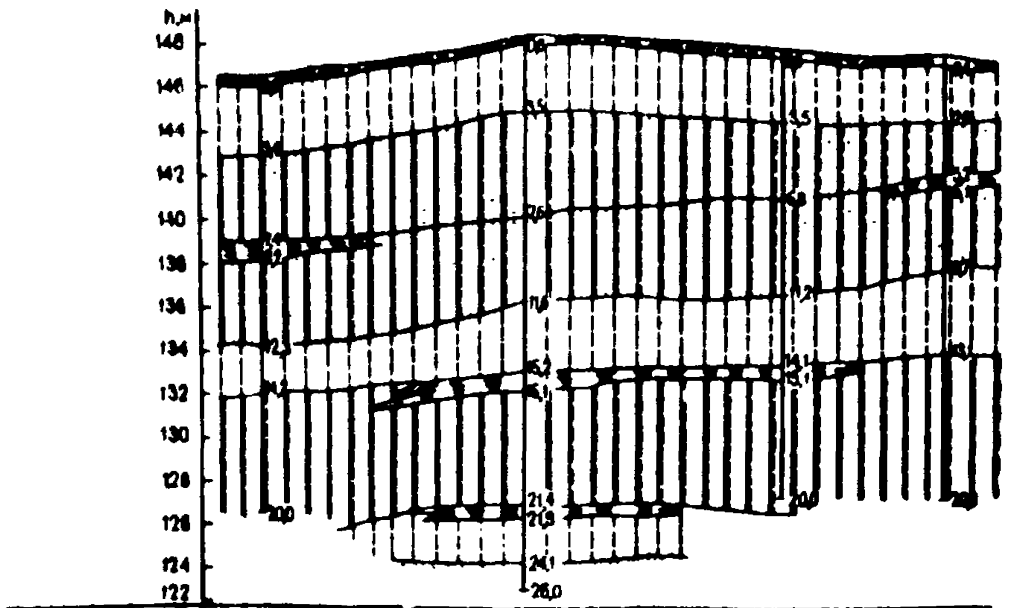
Пример полевого описания лёссовой толщи (по отобранным из выработки монолитам)

Супесь пылеватая, светло-коричневого цвета, макропористая, стенки некоторых макропор инкрустированы кристаллами кальцита, бо́льшая часть макропор округлой формы, встречаются тонкие (ниточные) корни перегнивших растений, наблюдаются опесчаненные участки. Диаметр макропор колеблется в пределах 0,6–1,2 мм, их среднее количество на 1 $см^2$ площади монолита составляет от 7 до 10 шт. Вся масса хорошо́ реагирует на действие соляной кислоты. Переход к нижележащему слою плавный. Мощность слоя 3,2 м.

Суглинок пылеватый, легкий, светло-коричневого цвета, макропористый; некоторые макропоры заполнены супесью более светлого цвета, бо́льшая часть макропор округлой формы, вся масса хорошо реагирует на действие соляной кислоты. Диаметр макропор колеблется в пределах 0,2–0,6 мм, их среднее количество на 1 $см^2$ площади монолита составляет от 5 до 8 шт. Переход к нижележащему слою резкий. Мощность слоя 4,1 м.

Суглинок пылеватый, средний (тяжелый), темно-бурого цвета (темно-коричневый), макропористый, стенки большинства макропор покрыты налетами черного цвета (гумус), макропоры округлые с пережимами и имеют разветвления, наблюдаются перегнившие корни, на поверхности видны глинистые скопления (агрегаты), масса от действия соляной кислоты вскипает с разной степенью интенсивности. Диаметр макропор колеблется в пределах 0,2–0,4 мм, их среднее количество на 1 $см^2$ площади монолита составляет от 4 до 7 шт. Переход к нижележащему слою не очень резкий. Слой до конца не вскрыт.

Пример составления полевого разреза



Условные обозначения

- Почвенно-растительный слой
- Погребенная почва
- Супесь пылеватая легкая
- Песок пылеватый
- Супесь пылеватая тяжелая
- $Д_3$ – точка динамического зондирования
- Суглинок пылеватый легкий
- C_3 – точка статического зондирования
- Суглинок пылеватый средний

Приложение 8

Основные структурные характеристики погребенных почв

Метод и величина показателя	Наименование	Показатель в сравнении с вмещающими лёссовыми слоями	Примечание
	Класс		
Изучение шлифов; расстояние между зернами $C_{ср}$ = 1,7–2,6	Агрегативный	Всегда больше	Для лёссовых вмещающих отложений наиболее характерным является зернисто-пленчатый и зернисто-агрегативный классы
Метод микротрещиноватости; индекс трещиноватости Т-2; Т-2 (3)	"	То же	Индекс трещиноватости является косвенным показателем предрасположенности к просадочности. Чем меньше индекс, тем отложение просадочнее
Бинокулярный метод	Агрегативный		В погребенных почвах в поле зрения сплошные агрегаты, глинистые участки. Для лёссовых вмещающих отложений в изломе характерны площадки, сложенные песчаными и пылеватыми частицами. Часто наблюдаются отдельные зерна кварца, полевых шпатов

Метод и величина показателя	Наименование	Показатель в сравнении с вмещающими лёссовыми слоями	Примечание
содержание водоустойчивых агрегатов $A_г^в = 2{,}1–5{,}9\%$;	–	Всегда меньше	–
содержание водопрочных агрегатов $A_г^п = 0{,}2–2{,}2\%$	–	То же	–
	Тип		
Метод капиллярного насыщения; показатель относительной водонасыщенности a_w	При $a_w^р > a_w < a_w^к$ Тип структуры с капиллярной, осмотической и частично свободной водой; малое содержание воздуха	–	Для лёссовых вмещающих отложений характерно другое соотношение $a_w^п > a_w > a_w^р$, т.е. тип структуры с рыхлосвязанной и микрокапиллярной водой; среднее содержание газообразной фазы
	Подкласс		
Метод размокания; величина устойчивых макроагрегатов $K_{max} = 5–16\%$	Подкласс преимущественно коагуляционный	Всегда меньше	Для лёссовых вмещающих отложений характерен подкласс кристаллизационный водорастворимый
Метод размокания; общее содержание агрегатов $A_г > 62\%$;	Коагуляционный	Всегда больше	
	Вид		
Метод впитывания капли глицерина; при $t = 18–20^{\circ}C$ впитывание длится 6–37 мин	Вид с очень высокой и высокой активной пористостью	Всегда больше	Для лёссовых вмещающих отложений характерен вид структуры со средней активной пористостью

Продолжение прил. 8

Метод и величина показателя	Наименование	Показатель в сравнении с вмещающими лёссовыми слоями	Примечание
	Разновидность		
Определение содержания фракции частиц $d < 0{,}002$ мм 18–29%	Разновидность среднедисперсная	Всегда больше	Для лёссовых вмещающих отложений наиболее характерной является разновидность малодисперсная

Приложение 9

Основные физико-механические показатели погребенных почв

Показатель	Единица измерения	Предел значений	Показатель в сравнении с вмещающими лёссовыми слоями
Удельный вес γ_s	г/см^3	2,72–2,77	Всегда больше
Объемный вес γ	”	1,62–1,82	Преимущественно больше
Влажность природная W	%	18–31	То же
Граница текучести W_L	”	31–39	Всегда больше на 3–7%
Граница раскатывания W_p	”	19–24	Преимущественно меньше на 2–4%
Консистенция I_p (показатель консистенции)	”	Менее 0,35	Преимущественно больше
Набухание	”	14–36	То же
Удельное сцепление C	МПа (кг/см^2)	21–47 (0,21–0,47)	”

Продолжение прил. 9

Показатель	Единица измерения	Предел значений	Показатель в сравнении с вмещающими лессовыми слоями
Угол внутреннего трения φ	град	19–24	Всегда меньше
Начальное просадочное давление $P_{пр}$	МПа (кг/см^2)	0,11–0,28 (1,1–2,8)	Преимущественно больше
Относительная просадочность $\delta_{пр}$		0,014–0,052	Преимущественно меньше

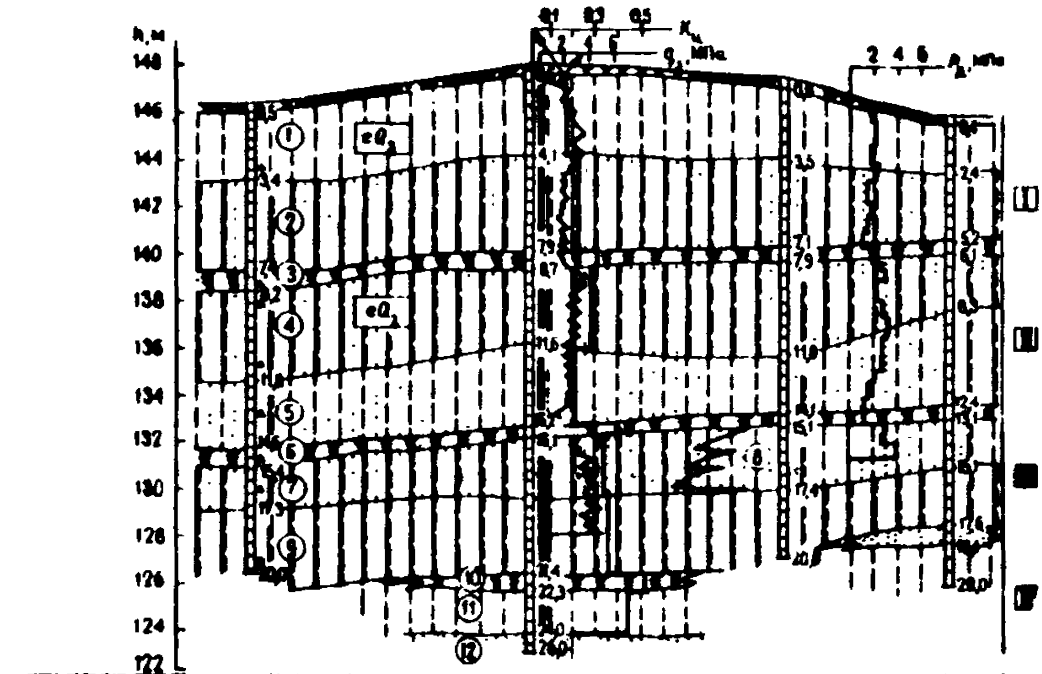
Приложение 10

Характер изменения показателей зондирования лессовой толщи

Слои	Форма индикационной линии на графиках зондирования	Изменение показателей зондирования
Из глины и суглинков	Плавная кривая без резких перегибов	Постепенное, резкие "пики", как правило, отсутствуют
Из супесей и пылеватых песков	Многочисленные мелкие "пики" и перегибы	Незакономерное в сравнительно узком диапазоне
Из погребенных почв	Перегиб, сменяющийся затем резким "пиком" в пределах небольшого интервала глубин	Резко "падают" по сравнению с показателями зондирования для вмещающих лессовых слоев

Пример составления инженерно-геологического разреза с использованием системного подхода

Развернутое описание слоев (ИГЭ), таблицы нормативных и расчетных значений характеристик литологических разновидностей (послойно), показатель просадочности приводится в тексте отчетов по инженерно-геологическим изысканиям.



Условные обозначения

- Почвенно-растительный слой
- Супесь пылеватая легкая
- Супесь пылеватая тяжелая
- Суглинок пылеватый легкий
- Суглинок пылеватый средний
- Погребенная почва
- Песок пылеватый

- $К_ц$ – кривая коэффициента цикличности
- $Д_1$ – точка динамического зондирования
- $С_1$ – точка статического зондирования
- $р_д$ – условное динамическое сопротивление грунта
- $q_з$ – сопротивление грунта под конусом зонда
- ① – Номер слоя
- I – Номер цикласса

Граница

- Стратиграфическая
- Литологическая (слоя)
- Сплошной отбор керна монолитов
- Место взятия из слоев образцов
- Состояние грунтов твердое

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр
Предисловие		3
1. Общие положения		4
2. Цикличность строения лёссовых отложений		5
3. Схема исследований лёссовых отложений в процессе инженерно-геологических изысканий		7
	Сбор, анализ и обобщение материалов	7
	Инженерно-геологическая разведка	10
	Инженерно-геологическое опробование слоев и их комплексов (циклёссов)	20
	Камеральная обработка материалов инженерно-геологических изысканий (исследований) лёссовых отложений	24
Приложение 1.	Термины и их определения, применяемые в настоящих Рекомендациях	30
Приложение 2.	Основные типы погребенных почв	31
Приложение 3.	Учетная карточка инженерно-геологических материалов	32
Приложение 4.	Учетная карточка инженерно-геологического опробования лёссовой толщи	34
Приложение 5.	Метод аппликации лёссовой толщи	37
Приложение 6.	Пример полевого описания лёссовой толщи (по отобранным из выработки монолитам)	38
Приложение 7.	Пример составления полевого разреза	39
Приложение 8.	Основные структурные характеристики погребенных почв	40
Приложение 9.	Основные физико-механические показатели погребенных почв	42
Приложение 10.	Характер изменения показателей зондирования лёссовой толщи	43
Приложение 11.	Пример составления инженерно-геологического разреза с использованием системного подхода	44

ПНИИИС Госстроя СССР

**Рекомендации
по инженерно-геологической разведке
и опробованию лёссовых отложений
(системно-структурный метод)**

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Л.Г. Бальян
Редактор Л.Т. Калачева
Мл. редактор М.В. Милейко
Технический редактор Е.Л. Темкина
Корректор Н. С. Сафронова

Н/К

Подписано в печать 11.03.84 Т – 06795 Формат 84x108 1/32 д.л.
Набор машинописный Печать офсетная Бумага офсетная
Усл.печ.л. 2,52 Усл.кр.-отт. 2,77 Уч.-изд.л. 2,56
Тираж 4000 экз. Изд. № XII-740 Заказ 1026
Цена 15 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Типография ВВИА им.проф.Н.Е.Жуковского

gost.e-ecolog.ru