ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации

по оценке инженерно-геологических свойств элювия карбонатных грунтов и учету их изменения при строительстве

Москва 1986

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Общие положения 3
2. Номенклатура элювия карбонатных пород по дисперсности и методы исследования дисперсного состава 4
3. Номенклатура элювия карбонатных пород по минеральному составу и методы исследования химико-минерального состава 8
4. Особенности исследования физических свойств элювиальных мелкозернистых карбонатных грунтов 10
5. Методы исследования деформационных свойств мелкозернистого карбонатного элювия 12
6. Методы исследования прочностных свойств мелкозернистого карбонатного элювия 16
7. Методы исследования крупнообломочного карбонатного элювия . . . 17
8. Прогноз изменения состава и физико-механических свойств элювия карбонатных пород в процессе выветривания на застраиваемых территориях 23

Приложение 1. Ориентировочное определение состава карбонатных пород (по Л.Б.Рухину и Г.Теодоровичу) 27
Приложение 2. Хроматографические реакции 27
Приложение 3. Термический анализ 28
Приложение 4. Химический анализ соляно-кислой вытяжки из грунтов . 28
Приложение 5. Определение плотности (удельного веса) частиц грунтов 33

Нормативно-произ[illegible] [illegible]енное [illegible]ание

ПНИИИС Госстроя СССР

РЕ[illegible] [illegible]ЕНДАЦИИ
[illegible] [illegible]енке инженерно-геологическ[illegible] [illegible]ств
карбонатных грунтов
[illegible]х изменения при строите[illegible]

[illegible] инструктивно-нормативной л[illegible]
[illegible] [illegible]едакцией *Л.Г.Бальян*
Р[illegible] [illegible]ктор *Э.И.Федотова*
[illegible] [illegible]едактор *М.А.Шиффер*
[illegible] [illegible]еский редактор *Н.Е.Поплавская*
[illegible] [illegible]тор *Л.С.Коняева*

[illegible]исано в печать 24.07.86. Т — 13564 [illegible] [illegible]омат 84x108/32
[illegible]ага офсетная № 2 Печать офсетная [illegible] [illegible]. печ. л. 1,68
кр.-отт. 1,99 Уч.-изд. л. 2,67 [illegible]раж 5000 экз.
№ XII-1252 Заказ №2088 Цена 15 коп.

[illegible]тройиздат, 101442, Москва, Каляев[illegible] За

Моск[illegible] [illegible]пография № 4 Союзполигр[illegible]
при Г[illegible] [illegible]ном к[illegible] [illegible]тете СССР
по[illegible]де[illegible] [illegible] [illegible]играфии и кн[illegible] и
[illegible]евская [illegible]

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

Рекомендации

по оценке инженерно-геологических свойств элювия карбонатных грунтов и учету их изменения при строительстве

Москва Стройиздат 1986

УДК 624. 131.3

Рекомендованы к изданию решением инженерно-геологической секции научно-технического совета ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации по оценке инженерно-геологических свойств элювия карбонатных грунтов и учету их изменения при строительстве / ПНИИИС. — М.: Стройиздат, 1986. — 32 с.

Излагаются вопросы методики и техники проведения испытаний элювиальных карбонатных грунтов в лабораторных и полевых условиях при изысканиях для промышленного и гражданского строительства. Рекомендации разработаны с учетом основных положений СНиП 2.02.01—83. Приведена номенклатура этих грунтов по дисперсности и минералого-петрографическому составу.

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

Табл.12, ил.1.

Разработаны ПНИИИС Госстроя СССР (ответственный редактор — д-р геол.-минерал. наук Р.С.Зиангиров; редакторы — кандидаты геол.-минерал.наук Л.А. Аносова, Н.А. Платов, инж. Т.И. Робустова), при участии кафедры Инженерной геологии Московского геолог. ин-та (канд. геол. - минерал. наук Л.А.Ярг) и кафедры Инженерно-геол. и гидрогеол. Киевского Государственного университета (канд. геол. - минерал. наук Г.В.Жорник и инж. Е.П.Сидоренко), а также Куйбышевского ТИЗИС (инж. Н.Д.Ионов).

Р 3202000000 — 480
047 (01) — 86

Инструкт.-нормат., I вып. — 36—85

© Стройиздат, 1986

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации следует использовать при изысканиях и проектировании оснований зданий и сооружений на элювиальных карбонатных грунтах при всех видах строительства, кроме гидротехнического и строительства на многолетнемерзлых грунтах.

1.2. В СНиП 2.02.01–83 приведены особенности изысканий и проектирования оснований зданий и сооружений, возводимых на элювиальных грунтах, но не отражены особенности карбонатного элювия. Элювиальные грунты являются продуктами выветривания скальных пород, оставшимися на месте своего образования и сохранившими в той или иной степени в коре выветривания структуру и текстуру исходных пород, а также характер их залегания.

Рассматриваемые в настоящих рекомендациях элювиальные карбонатные грунты являются продуктами выветривания не только прочных скальных пород, но и малопрочных с неводостойкими структурными связями, как, например, мел и мелоподобные породы. Карбонатные элювиальные грунты не всегда сохраняют структуру и текстуру исходных пород. Примером тому может служить доломитовая, известково-доломитовая и меловая мука.

1.3. Под элювием карбонатных пород следует понимать такие грунты, которые образовались из коренных (материнских) пород в результате химического, физического и биологического выветривания, а также механической и химической суффозии и не подверглись перемещению с места первоначального залегания.

1.4. В настоящих Рекомендациях рассматриваются продукты выветривания мела, мелоподобных пород, известняка, доломита и мергеля.

1.5. В толще элювия карбонатных пород, как правило, выделяются три зоны: I — трещиноватая, имеющая площадное распространение; представлена трещиноватыми породами с отдельными карманами, заполненными крупнообломочным и мелкодисперсным материалом этих же пород; II — обломочная, имеющая площадное или линейное распространение; представлена щебнем и дресвой с частично сохранившейся реликтовой текстурой и структурой с мелкодисперсным заполнителем; III — мелкодисперсная, имеет линейное распространение в виде линз, больших карманов и прослоев ограниченного простирания. Местами в разрезе элювиальной толщи прослеживается совмещение обломочной и мелкодисперсной зон. Мелкодисперсная зона обычно представлена карбонатной мукой песчаного и пылеватого дисперсного состава. Мука бывает или слабо сцементированная, или несвязная, сыпучая.

Там, где карбонатная толща неоднородна по литологическому и петрографическому составу, вертикальная зональность коры выветривания нарушена. В разрезе прослеживается чередование грунтов мелкодисперсной и обломочной зон. Кроме того, нормальный профиль коры выветривания, обусловленный вертикальной инфильтрацией вод, нередко нарушается боковыми притоками вдоль трещин. Вследствие этого грунты дисперсной зоны залегают среди грунтов трещиноватой зоны.

1.6. Элювиальные карбонатные грунты обладают рядом неблагоприятных инженерно-геологических свойств: просадочностью некоторых разновидностей, склонностью к механической и химической суффозии, снижением прочности и увеличением сжимаемости при водонасыщении, образованием плывунов, дроблением крупнообломочных частиц элювия под воздействием строительных нагрузок от некоторых сооружений, а также при работе в котлованах строительных машин и механизмов и др.

1.7. *В силу перечисленных особенностей и в связи с наличием очень слабых* неводостойких структурных связей элювиальные карбонатные грунты могут сильно изменять свои свойства под влиянием природных и техногенных воздействий, находясь в открытых котлованах, откосах и выемках.

1.8. Для получения нормативных и расчетных характеристик элювия карбонатных грунтов необходимо проводить лабораторные и полевые исследова-

ния по специальной программе. Использование таблиц СНиП 2.02.01—83 для этих целей не допускается.

1.9. Отбор образцов, назначение видов и способов лабораторных и полевых исследований элювиальных грунтов должны производиться в зависимости от профиля коры выветривания и состава исходных горных пород.

1.10. Состав и объемы лабораторных и полевых работ по изучению свойств элювия карбонатных грунтов при инженерных изысканиях определяются составом пород, профилем коры выветривания, а также стадией проектирования, количеством и качеством данных в материалах прошлых исследований, особенностями условий залегания, обводнения и уплотнения элювия, особенностями дисперсионного и химико-минерального состава, классом проектируемого сооружения и предполагаемыми проектными нагрузками на грунты основания.

1.11. В основу изучения состава и свойств элювия карбонатных грунтов должен быть положен принцип комплексности. Все необходимые характеристики грунта должны быть получены на одних и тех же образцах или на идентичных, отобранных из однородного слоя или толщи.

1.12. Общее количество образцов должно обеспечивать возможность получения достоверных значений расчетных или нормативных показателей для каждой выделенной разности грунтов. Рекомендуется использовать для расчета не менее десяти значений.

1.13. Инженерно-геологические исследования элювиальных карбонатных грунтов должны проводиться в соответствии с требованиями главы СНиП 2.02.01—83.

1.14. В настоящих Рекомендациях описаны методы оценки мелкозернистого и крупнообломочного карбонатного элювия, а также указаны методы прогноза скорости выветривания карбонатных пород и изменение их свойств в процессе выветривания.

2. НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЮВИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПО ДИСПЕРСНОСТИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА

2.1. При определении номенклатуры элювиальных карбонатных грунтов следует руководствоваться ГОСТ 25100—82 и настоящими Рекомендациями.

2.2. Единая номенклатура грунтов по дисперсности дает возможность более полно использовать архивные материалы ранее выполненных изысканий и тем самым уменьшить объемы изыскательских работ, а также проводить статистические обобщения для составления таблиц характеристик грунтов.

2.3. В СНиП 2.02.01—83 указывается, что для некоторых видов грунта должны даваться сведения об их геологическом возрасте, подтвержденном в табл. 3.

В необходимых случаях к наименованиям грунтов и к их характеристикам, предусмотренным номенклатурой грунтов, допускается вводить дополнительные наименования и характеристики (зерновой состав глинистых грунтов, степень и качественный характер засоления грунтов, вид скальных пород, из которых образовались элювиальные грунты и т.п.).

2.4. Номенклатура элювиальных карбонатных грунтов представлена в табл.1 и 2.

В табл. 1 крупнообломочный карбонатный элювий подразделяется на три типа: глыбовый, щебенистый и дресвяный. Кроме того, выделяются смешанные подтипы.

2.5. При характеристике гранулометрического состава крупнообломочного элювия частицы грунтов подразделяются по размерам, приведенным в табл.3.

2.6. Масса пробы для определения гранулометрического состава может устанавливаться по табл.4.

2.7. Определение гранулометрического состава производится комбинированным методом. Обломки крупнее 200 мм отделяются при помощи измерительных калибров. Допускается применение фотометода или накидной сет-

Таблица 1. Номенклатура крупнообломочных элювиальных карбонатных грунтов

Группа	Подгруппа	Тип	Подтип	Размер частиц, мм	Содержание частиц, %
Осадочные, несцементированные	Крупнообломочные карбонатные	Глыбовые карбонатные грунты (частиц крупнее 200 мм — более 50, но менее 75%)	—	—	—
		Щебенистые карбонатные грунты (частиц 10—200 мм — более 50 %).	Глыбово-щебенистый	Крупнее 10 " 200	Свыше 50 " 20
			Щебенистый	Крупнее 10 " 200 2—10	Свыше 50 Менее 20 " 20
			Дресвяно-щебенистый	Крупнее 10 2—10	Свыше 50 " 20
		Дресвяно-карбонатные грунты (частиц 2—10 мм — более 50 %).	Щебенисто-дресвяный	Крупнее 2 " 10	Свыше 50 " 20
			Дресвяный	Крупнее 2 " 10	Свыше 50 Менее 20

Таблица 2. Номенклатура мелкозернистых элювиальных карбонатных грунтов

Группа	Подгруппа	Тип	Подтип	Размер частиц, мм	Содержание частиц, %
Осадочные, несцементированные	Обломочные: песчаные, пылеватые и глинистые карбонатные	Песчаные карбонатные (преобладают частицы 0,05—2 мм, и грунт не обладает пластическими свойствами)	Дресвяно-песчаные	Крупнее 2	Свыше 25
			Крупнозернистые песчаные	" 0,5	" 50
			Среднезернистые песчаные	" 0,25	" 50
			Мелкозернистые песчаные	" 0,1	" 75
			Пылевато-песчаные	" 0,1 Менее 0,005	Менее 75 " 10
			Глинисто-песчаные	Крупнее 0,1 Менее 0,005	" 75 Свыше 10

Продолжение табл. 2

Группа	Подгруппа	Тип	Подтип	Размер частиц, мм	Содержание частиц, %
Осадочные, несцементированные	Обломочные: песчаные, пылеватые и глинистые карбонатные	Пылеватые карбонатные (преобладают частицы 0,05—0,005 мм)	Дресвяно-пылеватые	Крупнее 2	Свыше 25
			Песчано-пылеватые	" 0,05 Менее 0,005	" 10 Менее 10
			Пылеватые	Крупнее 0,05 Менее 0,005	Менее 10 " 10
			Глинисто-пылеватые	" 0,005	Свыше 10
		Глинистые карбонатные (преобладают частицы 0,005 мм)	Дресвяно-глинистые	Крупнее 2	Свыше 25
			Песчано-глинистые	" 0,05	" 10
			Пылевато-глинистые	0,05—0,005 Крупнее 0,05	" 10 Менее 10
			Глинистые	" 0,05 0,05—0,005	" 10 " 10

Примечание. Преобладание какой-либо фракции устанавливается путем последовательного сравнения ее с фракциями глины, пыли, песка и крупнообломочной, с каждой в отдельности.

Таблица 3. Наименование крупнообломочных частиц грунтов

Наименование частиц	Размер частиц d, мм
Глыбовые	
Крупные	$d > 800$
Средней крупности	$800 \geqslant d > 400$
Мелкие	$400 \geqslant d > 200$
Щебенистые	
Крупные	$200 \geqslant d > 100$
Средней крупности	$100 \geqslant d > 40$
Мелкие	$40 \geqslant d > 10$
Дресвяные	
Крупные	$10 \geqslant d > 5$
Мелкие	$5 \geqslant d > 2$

ки. При этом размеры площадки должны не менее чем в 10 раз превышать d_{max}. Фракции размером от 200 мм до 20 мм разделяются путем грохочения. Более мелкие разделяются в соответствии с требованиями ГОСТ 12536 – 79 от 20 до 0,1 мм промывкой на ситах; мельче 0,1 мм – ареометрическим или пипеточным методом. Промывка на ситах производится после предварительного размачивания пробы в течение суток. Другие способы диспергации крупнообломочных частиц применять не рекомендуется.

2.8. Гранулометрический состав фракций крупнее 10 мм допускается определять сухим рассевом на ситах после предварительного высушивания пробы до воздушно-сухого состояния.

2.9. При определении гранулометрического состава крупнообломочных грунтов целесообразно производить сокращение части пробы, остающейся после отделения наиболее крупной фракции или группы фракций. Сокращение выполняется путем квартования до массы, соответствующей максимальному размеру частиц (d_{max}) оставшейся части пробы, согласно табл.4.

Таблица 4. Оптимальная масса проб крупнообломочных грунтов для определения гранулометрического состава

Размер наиболее крупных частиц грунта d_{max}, мм	Масса пробы, кг, не менее
До 10	1–2
" 20	2–5
" 40	5–10
" 60	10–30
" 100	30–60
" 150	90–160
" 200	200–400
" 400	1600–2500
Свыше 400	Свыше 2500

Расчет содержания фракций по массе P_i,%, производится по формулам: после первого сокращения

$$P_i = m_i (1+\Delta m_1 / M_2) 100 / M_1 ; \quad (1)$$

после второго сокращения

$$P_i = m_i (2+\Delta m_1 / M_2)(1+\Delta m_2 / M_3) 100 / M_1 , \quad (2)$$

где m_i – масса частиц i-той фракции; $\Delta m_1, \Delta m_2$ – масса, на которую сокращается проба соответственно на первом и втором этапе сокращения; M_1 – масса начальной пробы; M_2, M_3 – масса части пробы, остающейся соответственно после первого и второго сокращения.

2.10. В табл.2 мелкозернистые элювиальные грунты по генезису относятся к группе осадочных несцементированных и к подгруппе – обломочных (ГОСТ 25100 – 82). По гранулометрическому составу эти грунты подразделяются на три типа: песчаные карбонатные, пылеватые карбонатные и глинистые карбонатные.

Определение "карбонатные" необходимо добавлять к наименованию "элювиальный грунт" для того, чтобы подчеркнуть, что термины "песчаные", "пылевые" и "глинистые" в данном случае используются только для обозначения дисперсного состава грунта.

2.11. К типу песчаных карбонатных грунтов относятся грунты с преобладанием частиц размером 0,05 – 10 мм.

К типу пылеватых карбонатных грунтов относятся грунты с преобладанием частиц размером 0,05 – 0,005 мм.

К типу глинистых карбонатных грунтов относятся грунты с преобладанием частиц размером $<0{,}005$ мм.

2.12. Тип песчаных карбонатных грунтов подразделяется на шесть подтипов в зависимости от содержания в них дресвяных, песчаных (крупнее 0,5 мм, 0,25 мм и 0,1 мм) и глинистых частиц (см. табл.2).

Тип пылеватых карбонатных грунтов подразделяется на четыре подтипа в зависимости от содержания в них дресвяных, песчаных (крупнее 0,05 мм) и глинистых частиц (см.табл.2).

Тип глинистых карбонатных грунтов подразделяется на четыре подтипа, в зависимости от содержания в них дресвяных, песчаных (крупнее 0,05 мм) и глинистых частиц (см.табл.2).

2.13. Определение гранулометрического состава проводится с учетом специфики данных грунтов, заключающейся в высоком содержании частиц карбонатных минералов, незначительном — глинистых и в отдельных случаях, с учетом наличия включений дресвы и щебня скальных пород.

2.14. Гранулометрический анализ мелкозернистых карбонатных грунтов проводится последовательно в соответствии с ГОСТ 12536—79. Сначала выделяются дресва и щебень, затем песчаные, пылеватые и глинистые частицы.

2.15. Ситовым анализом разделяют фракции размером 0,5—10 мм.

2.16. Гранулометрический анализ песчаных, пылеватых и глинистых частиц осуществляется с предварительной подготовкой путем кипячения пробы грунта с 25%-ным раствором аммиака или 4%-ным раствором пирофосфата.

2.17. Мелкозернистые карбонатные грунты, содержащие более 1% гипса, при подготовке к гранулометрическому анализу не кипятятся, а растираются в течение 20 мин резиновым пестиком с добавлением 5—10 мл 4% пирофосфата натрия до тестообразного состояния.

2.18. При содержании в грунте глинистых частиц менее 7% по данным гранулометрического анализа, микроагрегатов в грунте практически не образуется и микроагрегатный анализ не проводится.

2.19. При содержании в грунте глинистых частиц более 7% проводится определение микроагрегатного состава грунтов. Микроагрегатный анализ осуществляется после предварительной подготовки путем замачивания пробы грунта водой.

Пробу грунта помещают в колбу емкостью 0,5 л, после чего к ней добавляют 250 $см^3$ дистиллированной воды и оставляют на сутки размокать.

Суспензию из колбы переносят в литровый цилиндр и дальнейшие операции производятся согласно ГОСТ 12536—79 (пп.2.2.4 — 2.4.1).

3. НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЮВИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПО МИНЕРАЛЬНОМУ СОСТАВУ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИКО-МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА

3.1. Отбор образцов, назначение видов и способов лабораторных и полевых исследований элювиальных грунтов должны производиться в зависимости от профиля коры выветривания и состава исходных горных пород.

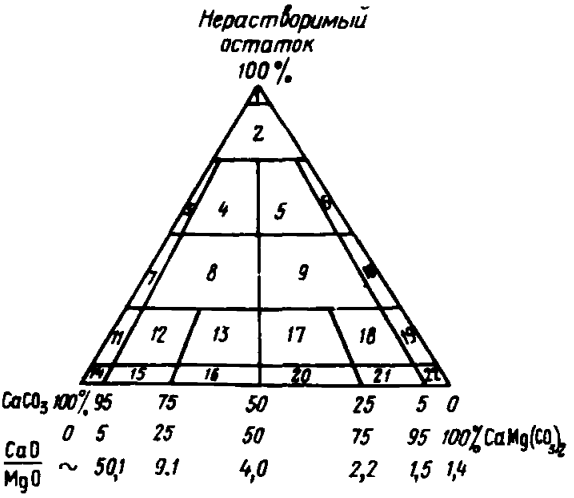
3.2. Разделение элювиальных карбонатных грунтов и коренных материнских пород по минералого-петрографическому составу следует производить по нижеприлагаемой (рис.) квалификационной схеме С.Г.Вишнякова (с некоторыми упрощениями Л.Б.Рухина).

3.3. Для того чтобы установить номенклатурную принадлежность грунта согласно приведенной схеме, необходимо располагать данными о содержании, %,основных породообразующих минералов: кальцита, доломита и нерастворимого остатка.

3.4. Минеральный состав можно определить с помощью нескольких методов. Исследования следует вести в два этапа: сначала на большом количестве образцов приближенными ускоренными методами, а затем на представительных образцах из каждой предварительно выделенной разновидности точными лабораторными методами.

3.5. Ускоренные методы для получения ориентировочной качественной

Классификационная схема расчленения карбонатных пород (по С.Г.Вишнякову)
1 — 10 — глина; известняки: глинистый *(11)*, доломитисто-глинистый *(12)*, доломитово-глинистый *(13)*, чистый *(14)*, доломитистый *(15)*, доломитовый *(16)*; доломиты: известково-глинистый *(17)*, известковисто-глинистый *(18)*, глинистый *(19)*, известковый *(20)*, известковистый *(21)*, чистый *(22)*



характеристики минерального состава включают в себя визуальное описание образцов, кернов или порошковых проб, опробование грунтов соляной кислотой на вскипание (см. прил. 1), хроматографические реакции на пришлифовках или порошковых пробах (см. прил. 2).

3.6. Для точной диагностики минерального состава и количественной оценки основных породообразующих минералов следует использовать методы термического анализа с использованием автоматической газовой бюретки Л.Г.Берга (методику см.в прил.3); микроскопического описания окрашенных шлифов, изготовленных без покровных стекол, и химического анализа соляно-кислой вытяжки с нагреванием и иммерсионного анализа.

Отмученную глинистую фракцию менее 0,001 мм следует изучать рентгеноструктурным и электронно-микроскопическим методами.

3.7. Текстурные исследования элювиальных карбонатных грунтов, имеющих структурные связи, можно проводить, кроме просмотра шлифов, еще и по методике Г.И. Бушинского.* Методика основана на том, что грунты обладают неодинаковой способностью впитывать и удерживать минеральные масла. Это зависит от различной пористости и трещиноватости грунтов. Для выявления текстурного рисунка плитку грунта с пришлифованной поверхностью опускают в трансформаторное масло и выдерживают в нем от 10 мин до 2 ч, затем вынимают и делают петрографическое описание.

3.8. На основании минералогического анализа составляется схема химического анализа карбонатных грунтов.

Полная схема химического анализа состоит из двух частей: анализа водорастворимых солей и анализа основных компонентов грунта.

3.9. Характеристику водно-растворимых солей составляют на основе анализа водной вытяжки. Ход анализа водной вытяжки, ее приготовление и необходимые реактивы даны в ГОСТ 9015—74.

3.10. Основные компоненты карбонатных грунтов (CaO, MgO, Fe_2O_3, Al_2O_3, SO_4^{2-}) определяют из анализа соляно-кислой вытяжки с нагреванием (см. прил.4); CO_2 определяют кальциметрическим методом; SiO_2(аморфную) — путем анализа щелочной вытяжки.

3.11. Полная схема в частных случаях может видоизменяться и упрощаться применительно к особенностям грунта и целям исследования. Из упрощенных методов можно рекомендовать метод Д.А.Пчелинцева**.

---

* Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины. ИГИ АН СССР. Сер.геол., №67, 1954, вып.56.

** Пчелинцев Д.А. Методы изучения осадочных пород. М., Госгеолтехиздат, 1957, т.2.

3.12. Отбор проб на химический анализ зависит от поставленной задачи, при этом отбирается или средняя проба, или отдельные штуфовые пробы для характеристики различных частей керна.

4. ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ КАРБОНАТНЫХ ГРУНТОВ

4.1. Элювиальные карбонатные грунты неоднородны по физическим свойствам даже в пределах одного горизонта коры выветривания.

Мелкозернистый элювий, представленный карбонатной мукой, обычно содержит сцементированные твердые участки породы, а также включения дресвы или щебня из выветрелых коренных пород. Встречаются загипсованные разности карбонатного элювия.

4.2. Определение физических свойств элювиальных карбонатных грунтов следует выполнять по методикам, учитывающим особенности их свойств.

4.3. Плотность мелкодисперсных карбонатных грунтов, содержащих сцементированные твердые участки, должна определяться методом взвешивания больших монолитов по ГОСТ 8269—76. Плотность песчаных и пылеватых карбонатных грунтов должна определяться по ГОСТ 5182—78.

4.4. Плотность частиц (удельный вес) мелкозернистого карбонатного элювия следует определять методом кипячения или методом вакуумирования (ГОСТ 5181—78).

Для определения плотности частиц мелкозернистого карбонатного элювия, содержащего 1—1,5% гипса, следует применять метод вакуумирования с помощью вакуумного шкафа типа ВШ-О. 035А (см. прил. 5).

Для определения плотности частиц мелкозернистого карбонатного элювия, в котором наблюдается парагенез гипса (при его содержании менее 1%) и кальцита, также следует применять метод вакуумирования.

При применении метода вакуумирования пикнометр с грунтом на 1/3 заливается дистиллированной водой, степень разряжения при вакуумировании определяется по началу выделения пузырьков воздуха. Вакуумирование следует продолжать до прекращения выделения пузырьков, но не менее 1 ч.

Плотность частиц глинисто-пылеватого карбонатного элювия ввиду его неоднородности по распределению глинистой фракции следует определять параллельно два-три раза в близких пространственных точках разреза.

4.5. Влажность мелкозернистого карбонатного элювия следует определять по ГОСТ 5180—75.

4.6. Пределы пластичности для песчано-пылеватого и пылеватого карбонатного элювия, обладающего тиксотропными, плывунными свойствами, не определяется.

Пределы пластичности для глинистых разностей карбонатного элювия (например, мела) определяются по ГОСТ 5183 — 77.

4.7. В мелкозернистом карбонатном элювии встречаются слабонабухающие разности. Количественную оценку деформации свободного набухания следует проводить согласно ГОСТ 24143—80.

Подлив воды в прибор необходимо выполнять очень осторожно, не наливая ее сверху на перфорированный штамп, чтобы не вызвать суффозию мелких карбонатных частиц.

4.8. Размокание связных разностей карбонатного элювия следует изучать на кусках грунта с естественным сложением и влажностью для оценки водостойкости структурных связей. Определение размокания следует проводить обычным методом, описанным в методических руководствах и пособиях.

4.9. Песчано-пылеватые и пылеватые разности карбонатного элювия обладают способностью к механической суффозии.

Для выявления способности грунта к механической суффозии рекомендуется использовать прибор В.Н. Славянова. Прибор позволяет определять критические градиенты напора и давление воды, при которых начинается процесс суффозии, а также образование плывуна.

Способность карбонатного элювия к механической суффозии определяется его структурными параметрами: дисперсным составом, плотностью сложения, водостойкостью структурных связей, а также напорным градиентом фильтрующейся воды.

По экспериментальным данным критические напорные градиенты, при которых начинается процесс суффозии в доломитовой муке песчано-пылеватого состава, колеблются от 1 до 2,5 при плотности скелета грунтов от 0,95 до 1,15 г/см^3. При больших градиентах напора из отдельных разностей элювия образуется плывун.

Сопоставляя критические градиенты напора, полученные опытом, с величинами напоров, которые могут возникнуть в процессе строительства и эксплуатации сооружений, можно судить об опасности развития суффозии и образования плывуна.

4.10. Для выявления возможности химической суффозии необходимо исследовать состав подземных и поверхностных вод, воздействующих на грунты, и степень агрессивности вод по отношению к грунтам. Агрессивность вод можно оценивать путем вычисления $CaCO_3$, способного перейти в раствор, или по номограммам Ф.Ф.Лаптева, количество $CaCO_3$ определяют кальциметрическим способом.

Величину суффозийной осадки следует определять по ГОСТ 25585—83, а также с учетом рекомендаций по определению деформационных свойств засоленных грунтов в полевых и лабораторных условиях.

4.11. Ввиду очень слабой гидрофильности карбонатный элювий при водонасыщении способен переходить из твердого состояния в разжиженное, минуя пластичное состояние. Под воздействием гидродинамического напора может образовываться плывун.

4.12. Фильтрационные свойства элювиальных мелкозернистых карбонатных грунтов следует определять на образцах с естественным сложением и влажностью на максимально уплотненных образцах или на образцах, имеющих рыхлое сложение, в зависимости от задания. Рекомендуется применять методики для определения фильтрационных свойств песчаных грунтов.

4.13. Лабораторные методы определения коэффициента фильтрации позволяют получить приближенное значение этого параметра. Более точное определение коэффициента фильтрации получают полевыми методами (наливы, откачки).

4.14. Коэффициент фильтрации определяют в лабораторных условиях в трубке Спецгео и приборами КФЗ при постоянной величине градиента напора, равной единице.

4.15. Загрузку образца с ненарушенной структурой выполняют путем вдавливания трубки в грунт и подрезания с внешней стороны ножом по мере погружения трубки.

4.16. При загрузке образца нарушенной структуры воздушно-сухой грунт отсыпают из воронки диаметром 0,8—1,5 см и объемом 250—300 см^3, которая приподнимается над поверхностью грунта не выше 1—2 см.

4.17. Для влажных грунтов определение коэффициента фильтрации следует проводить на образцах с естественной влажностью, не допуская их подсушивания до начала опыта.

4.18. Образцы следует загружать таким образом, чтобы направление фильтрационного потока при лабораторных определениях было перпендикулярно плоскости напластования.

4.19. Для опытов должна использоваться водопроводная или грунтовая вода, очищенная от механических примесей. В случае необходимости по специальному заданию воздух из воды удаляют перегонкой, кипячением или вакуумированием.

4.20. Замеряют расход воды и рассчитывают величину коэффициента фильтрации согласно инструкции к прибору. Расход воды для песчаных карбонатных грунтов замеряют в течение 50—100 с, а для пылеватых — 250—500 с. Количество замеров для каждого образца не менее трех.

5. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО КАРБОНАТНОГО ЭЛЮВИЯ

5.1. Применяемые методы исследования деформационных свойств должны выбираться с учетом большой пространственной неоднородности элювия карбонатных пород.

5.2. Деформационные свойства мелкозернистого карбонатного элювия необходимо изучать с помощью как полевых, так и лабораторных методов.

5.3. Компрессионные свойства мелкозернистого карбонатного элювия в лабораторных условиях следует определять в одометрах и приборах трехосного сжатия.

5.4. Испытания можно проводить в зависимости от задания и структурных особенностей грунта (связные или несвязные) на образцах природного сложения и влажности или на образцах с нарушенной структурой при заданной плотности и влажности.

Приготовление образцов с заданной плотностью и влажностью следует производить в кольце прибора путем легкого постукивания о стенки кольца деревянным или резиновым пестиком или молоточком, так как карбонатные зерна и агрегаты обладают хрупкостью и могут измельчаться.

5.5. Компрессионные испытания в одометрах необходимо проводить по ГОСТ 23908—79 с изм.

5.6. Компрессионные испытания в одометрах с заливом образца водой следует выполнять также по ГОСТ 23908—79 с изм. Но замачивание целесообразно производить до начала нагружения. При такой схеме испытаний карбонатные грунты дают максимальные деформации за счет суммирования деформаций просадки, сжатия и в отдельных случаях суффозионной осадки.

Образец, залитый водой, сначала должен выдерживаться до стабилизации деформацией, а затем нагружаться.

При нагружении последняя ступень нагрузки дается с учетом задания или в пределах полуторакратной величины условных расчетных давлений на грунты основания.

5.7. Для выделения разновидностей мелкозернистого карбонатного элювия по сжимаемости рекомендуется пользоваться классификационной табл.5.

Таблица 5. Классификация грунтов по сжимаемости

Значения коэффициента уплотнения a, 1/МПа	Наименование грунтов по сжимаемости
< 0,01	Практически несжимаемые
0,01—0,05	Слабосжимаемые
0,05—0,1	Среднесжимаемые
0,1—1	Повышенно-сжимаемые
> 1	Сильносжимаемые

5.8. Для предварительной приближенной оценки модуля деформации мелкозернистого элювия по его физическим характеристикам рекомендуется пользоваться табл.6 и 7, составленными по уравнениям множественной регрессии. Исходным материалом для составления таблиц послужили экспериментальные данные компрессионных испытаний и определений физических свойств.

5.9. Модуль общей деформации по компрессионным испытаниям доломитовой муки песчаного дисперсного состава с примесью дресвы доломита до 15% не имеет четкой корреляционной связи с показателями влажности и пористости.

5.10. Модуль общей деформации выветрелого мела, по данным компрессионных испытаний, не имеет четкой корреляционной связи с влажностью.

5.11. Деформационные свойства мелкозернистых элювиальных карбонатных грунтов можно определять в приборах трехосного сжатия. Испытания следует проводить способом осесимметричного сжатия при $\sigma_3 = \sigma_2 = const$ в

Таблица 6. Приближенные нормативные значения модуля общей деформации доломитовой муки пылеватого дисперсного состава в интервале нагрузок 0,1—0,2 МПа

Влажность, %	Коэффициенты пористости										
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
5	22	21	20	19	19	18	17	16	15	15	14
10	20	19	18	17	17	16	15	14	13	13	12
15	18	17	16	15	15	14	13	12	11	11	10
20	16	15	14	14	13	12	11	10	10	9	8
25	14	13	12	12	11	10	9	8	8	7	6
30	—	—	10	10	9	8	7	6	6	5	4
35	—	—	—	8	7	6	5	4	4	3	2

Таблица 7. Приближенные нормативные значения модуля общей деформации выветрелого мела-рухляка глинистого дисперсного состава в интервале нагрузок 0,2—0,3 МПа

e	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
E	38	36	34	31	29	24	22	20	17	15	12	10	8

условиях дренированного испытания для заданного диапазона гидростатического давления с обязательным замером объемных деформаций при уплотнении грунта под гидростатическим давлением и в процессе приложения осевой нагрузки.

Образцы грунта должны быть цилиндрической формы. Максимальный размер крупнообломочных включений должен быть меньше диаметра образца не менее чем в 5 раз. Высота образца должна быть в 2—2,5 раза больше его диаметра.

Образец необходимо выдерживать под гидростатическим давлением до условной стабилизации объемных деформаций. За условную стабилизацию объемных деформаций следует принимать относительную деформацию, равную $3 \cdot 10^{-4}$ для песков за 30 мин, для супесей — 2 ч, для суглинков — 6 ч, для глин — 12 ч.

После стабилизации деформаций на образец следует давать осевое давление. Величина первой ступени вертикальной нагрузки для глинистых связных разностей должна соответствовать структурной прочности, а для песчаных несвязных разностей должна назначаться в зависимости от коэффициента пористости (ГОСТ 23908—79 с изм.).

Величины последующих ступений нагрузок должны устанавливаться в зависимости от состояния грунта и величины гидростатического давления. За условную стабилизацию осевой деформации грунта следует принимать относительную деформацию:

для песков — за 30 мин;
" супесей — за 2 ч;
" суглинков — за 2 ч;
" глин — за 12 ч.

Испытание под осевым давлением следует продолжать до возникновения непрерывного пластического течения без приращения нагрузки или до хрупкого разрушения образца.

По результатам проведенных испытаний вычисляют модуль деформации E для заданного интервала гидростатического давления и коэффициент поперечной деформации ν.

Для вычисления характеристик деформационных свойств грунта по данным опыта следует строить графики зависимости относительной осевой ε_1 и объемной ε_v деформаций от осевого напряжения σ_1.

Модуль деформации грунта E следует вычислять для заданного интервала напряжений $\Delta\sigma_1$ и $\Delta\sigma_3$ по формуле

$$E = \Delta\sigma_3(2\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1) - (\Delta\sigma_1)^2 / \Delta\sigma_3(2\Delta\varepsilon_3 - \Delta\varepsilon_1) - \Delta\varepsilon_1\Delta\sigma_1, \quad (3)$$

где $\Delta\varepsilon_1$ — приращение относительной осевой деформации; $\Delta\varepsilon_3 = \frac{\Delta\varepsilon_v - \Delta\varepsilon_1}{2}$ — приращение относительной радиальной деформации; $\Delta\varepsilon_v$ — приращение относительной объемной деформации; V — объем образца; ΔV — объемная деформация.

Коэффициент поперечной деформации ν следует вычислять по формуле

$$\nu = \Delta\varepsilon_1\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1\Delta\varepsilon_3 / \Delta\varepsilon_1\Delta\sigma_1 + (\Delta\varepsilon_1 - 2\Delta\varepsilon_3)\Delta\sigma_3. \quad (4)$$

Величины E и ν следует вычислять по результатам опытов с различными значениями σ_3 для различных диапазонов $\Delta\sigma_1$, определяемых поставленными задачами испытаний.

5.12. Мелкозернистые элювиальные карбонатные грунты песчаного и пылеватого состава, имеющие коэффициент пористости более 0,9 и степень водонасыщения менее 0,8, обладают просадочными свойствами.

5.13. Для предварительной оценки просадочных свойств элювия известково-доломитового состава рекомендуется пользоваться табл.8, составленной на основе парного корреляционного анализа зависимости относительной просадочности от коэффициента пористости.

Таблица 8. Приближенные значения относительной просадочности в зависимости от коэффициента пористости

e	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	1,65	1,75
ε_{sl}	0,014	0,024	0,033	0,043	0,053	0,063	0,073	0,083	0,093

Продолжение табл. 8

e	1,85	1,95	2,05	2,15	2,25	2,35	2,45	2,55	2,6
ε_{sl}	0,103	0,113	0,123	0,133	0,143	0,153	0,163	0,173	0,183

5.14. Наибольшие просадочные деформации у доломитовой муки и выветрелого мела наблюдаются при замачивании без нагрузки образцов с нарушенной структурой и рыхлым сложением.

5.15. Механизм просадки у мелкозернистого карбонатного элювия отличается от лессовых пород тем, что в элювии практически отсутствуют легкорастворимые соли, создающие в лессах неводостойкие структурные связи. Просадка в мелкозернистом карбонатном элювии подобна самопроизвольному уплотнению при водонасыщении рыхлых песков, представленных терригенными минералами.

5.16. Определение деформационных свойств мелкозернистого и крупнообломочного элювия карбонатных пород природной влажности в массиве следует производить в дудках, шурфах и котлованах штампами площадью не менее 5000 см^2 в соответствии с требованиями ГОСТ 12374—77.

5.17. Испытания элювиальных грунтов, содержащих глыбы слабо выветрелых или окремнелых материнских пород, должны выполняться по специальной программе в шахтах или котлованах опытными фундаментами или штампами площадью не менее 10 000 см^2.

5.18. Испытание мелкозернистого элювия карбонатных грунтов с замачиванием рекомендуется проводить по схеме "одной кривой" штампом площадью 5000 см^2 в дудках диаметром 0,9 м, в шурфах или котлованах. При этом в шурфах и котлованах во избежание выпора грунта штамп следует устанавливать в выемку, устраиваемую на дне выработки. Глубина выемки должна быть 40—60 см, поперечник выемки не должен превышать диаметр штампа более чем на 10 см.

5.19. Замачивание грунтов должно производиться рассредоточенной струей во избежание размыва грунта и суффозионного выноса пылеватых частиц. На дне выработки вокруг штампа устраивается дресвяная подушка толщиной 5—10 см.

Расход воды определяется в соответствии с ГОСТ 12374—77.

5.20. При испытании крупнообломочных элювиальных грунтов должен определяться их механический состав и коэффициент выветрелости. При испытании мелкозернистых разностей определяются также физические характеристики грунтов. Для определения показателей свойств грунта отбирается не менее трех образцов грунта с ненарушенной структурой и берется среднее значение.

5.21. Для выбора относительно однородного слоя грунта для испытаний на опытной площадке проходятся две-три выработки статического или динамического зондирования на расстоянии 0,4—0,5 м от положения края проектируемого штампа. При невозможности испытания грунтов зондированием оно заменяется бурением разведочных скважин. Минимальная толщина слоя, однородного по составу и свойствам грунта, предназначаемого для испытания штампом, должна быть не менее двух диаметров штампа.

Таблица 9. Величины ступеней давления на штамп

Состав грунта	Давление, МПа	Время условной стабилизации, ч
Крупнообломочный	0,1	0,5
Мелкозернистый природной влажности при степени влажности менее 0,8	0,05	1
Мелкозернистый при степени влажности более 0,8 и после замачивания	0,025	2

Мелкозернистый и дресвяно-щебенистый грунты не должны содержать прослоев или крупных валунов и глыб окремнелых или слабовыветрелых доломитов и известняков.

После проходки разведочные скважины должны быть затампонированы.

5.22. При испытании мелкозернистых элювиальных грунтов с замачиванием величина деформируемой зоны по вертикали должна устанавливаться экспериментальным путем.

5.23. В качестве анкерной системы при испытании грунтов штампом площадью 5000 $см^2$ до конечного давления 0,3—0,4 МПа следует использовать упор гидравлических домкратов в стенки шурфа или анкерные сваи. При испытании грунтов штампом площадью 5000 $см^2$ до конечного давления более 0,4 МПа или штампом площадью более 5000 $см^2$ и опытными фундаментами следует применять упор в грузовую платформу.

5.24. Величину ступени давления на штамп и время условной стабилизации осадки штампа следует принимать по табл.9 в зависимости от состава и состояния грунта.

6. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО КАРБОНАТНОГО ЭЛЮВИЯ

6.1. Для получения нормативных и расчетных значений прочностных параметров мелкозернистого карбонатного элювия можно применять как полевые, так и лабораторные методы исследования с последующей статистической обработкой опытных данных.

6.2. В лабораторных условиях прочностные характеристики можно получить в одноплоскостных срезных приборах и в приборах трехосного сжатия.

6.3. Для сравнительной предварительной оценки грунта без крупнообломочных включений рекомендуется лабораторный метод пенетрации конусом, а для связных разностей еще и метод одноосного сжатия на прессе.

6.4. Испытания на срез следует проводить по ГОСТ 12248—78 с изм. В зависимости от задания, а также от физического состояния грунта можно применять консолидированный и неконсолидированный срез с предварительным водонасыщением или при естественной влажности.

Водонасыщенные грунты со степенью влажности более 0,8 следует испытывать по схеме неконсолидированного среза.

6.5. У доломитовой и известково-доломитовой муки с ростом влажности от нуля до 25% сцепление возрастает, а при дальнейшем увеличении влажности – уменьшается. При полном водонасыщении сцепление близко к нулю. Учитывая эту особенность, рекомендуется проводить испытания на срез параллельно на образцах с естественной влажностью и при полном водонасыщении.

6.6. Прочностные характеристики C и φ кроме срезных приборов можно получать при испытаниях грунтов в стабилометрах.

Для грунтов в нестабилизированном состоянии следует применять схему недренированного испытания без измерения давления в поровой воде. При этой схеме грунты испытываются при трех величинах всестороннего гидростатического давления.

Осевая нагрузка должна передаваться ступенями с интервалом 10—15 с или при постоянной скорости деформирования 2—4 мм/мин. Величина каждой ступени нагрузки должна составлять 10% гидростатического давления. Испытание следует продолжать до непрерывного пластического течения грунта без приращения нагрузки или до хрупкого разрушения.

Для неводонасыщенных образцов применима схема медленного дренированного испытания. Испытания проводятся аналогично тем, которые описаны выше для определения деформационных свойств.

Если не требуется одновременно с прочностными характеристиками определять деформационные, то допускается не измерять объемные деформации в процессе приложения осевой нагрузки. Величина каждой ступени нагрузки должна составлять 5% гидростатического давления. Каждую

ступень нагрузки следует прикладывать после стабилизации деформаций. За стабилизацию деформаций следует принимать относительную деформацию $1{,}25 \cdot 10^{-4}$ мин.

В отдельных случаях в соответствии с заданием можно применять схему консолидированно-недренированных испытаний. По этой схеме образец сначала надо уплотнить под заданным гидростатическим давлением в условиях дренирования, затем испытать на прочность без дренирования путем быстрого приложения осевой нагрузки.

В процессе опыта следует измерять давление в поровой воде грунта с помощью прибора (основанного на принципе компенсации давления) для определения параметров прочности в эффективных напряжениях.

6.7. Для получения сравнительной характеристики прочности мелкозернистого карбонатного элювия без щебенистых включений при массовом опробовании можно применять лабораторный конус с углом заострения 30°. Испытываться должны образцы с естественным сложением или с заданными плотностью и влажностью.

Испытания проводятся по схеме постепенного (ступенчатого) нагружения конуса с одновременной регистрацией глубины его погружения в грунт (с точностью 0,1 мм).

Пенетрационные испытания следует проводить в трех-четырех точках образца, и количество ступеней нагрузки должно быть не менее пяти. Прочность P_m, МПа рассчитывают по формуле

$$P_m = K_\alpha F / h^2, \qquad (5)$$

где F — сила, действующая на конус; h — глубина погружения конуса в грунт при каждой ступени нагружения; K_α — константа конуса с углом заострения 30°, приближенно равная единице.

6.8. Элювий мела и мергеля можно испытывать на одноосное раздавливание на прессе, определяя при этом сопротивление одноосному раздавливанию. Испытания рекомендуется проводить параллельно на естественно влажных и предварительно водонасыщенных образцах.

7. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУПНООБЛОМОЧНОГО КАРБОНАТНОГО ЭЛЮВИЯ

7.1. Рекомендации настоящего раздела распространяются на крупнообломочные элювиальные грунты, образующиеся в корах выветривания известков, доломитов, а также мергелей, содержащих не менее 65% карбонатов при коэффициенте размягчаемости в воде $K_{рз} < 0{,}75$.

7.2. Щебенисто-глыбовый элювий карбонатных пород обладает специфическими особенностями состава и свойств и не нормируется действующими нормами и ГОСТами. Нормативные и расчетные значения характеристик этих грунтов должны вычисляться на основании результатов определений полевыми или лабораторными методами.

7.3. Показатели строительных свойств щебенисто-глыбового элювия принимаются в качестве нормативных, если есть основание считать, что за период существования сооружения эти грунты не будут подвержены химико-минералогическим преобразованиям. Крупнообломочные грунты, устойчивые к воздействию агентов выветривания в течение периода, сопоставимого с реальными сроками существования сооружений, образуются в корах выветривания известняков, доломитов и мергелей с высоким содержанием карбонатов. Крупнообломочный элювий этих пород отличается неоднородностью гранулометрического состава (дресвы, щебня, глыб с пылевато-песчано-глинистым заполнителем) и спецификой строения, зависящей от литологических разновидностей пород.

7.4. Крупнообломочный элювий карбонатных пород характеризуется следующими особенностями:

унаследованием химического и минерального состава материнских пород

всеми фракциями грунта, в том числе пылеватыми и глинистыми (по размеру);

сохранением в частицах структурных особенностей исходной породы — высокой пористости и кавернозности;

образованием частиц плитчатой формы при тонко- и среднеслоистой текстуре материнской породы;

пониженной прочностью частиц грунта;

неравномерным распределением влаги в массиве грунта и перераспределением ее во времени при постоянной общей влажности за счет гигроскопичности крупных обломков;

возможностью перемещения влаги по капиллярным каналам крупных частиц при неполном водонасыщении грунта;

зависимостью величины межчастичного трения от влажности в результате размягчения контактирующих поверхностей;

возможностью изменения гранулометрического состава при строительстве и эксплуатации сооружений, а также в опытах по оценке строительных свойств.

7.5. В элювиальных крупнообломочных грунтах необходимо различать следующие виды пористости:

общую (n) — суммарный объем всех пустот в единице объема грунта;

межчастичную ($n_м$) — суммарный объем пустот между частицами в единице объема;

межчастичную пористость крупнозема ($n_к$) — объем пространства между частицами крупнозема в единице объема грунта. Этот объем может быть частично или полностью заполнен мелкоземом;

внутригранулярную — пористость минеральных составляющих — обломков горных пород;

открытую (n_0) — сообщающуюся с межчастичным пространством;

закрытую ($n_з$) — не сообщающуюся с межчастичным пространством.

Общая пористость выражается суммой межчастичной и внутригранулярной пористости

$$n = n_м + n_0 + n_з. \qquad (6)$$

7.6. Составляющие общей пористости принимают различное участие в процессах, которые происходят в грунтах. Плотность сложения грунта, его прочность и сжимаемость определяются только межчастичной пористостью, а водонасыщение — межчастичной и внутригранулярной открытой. На величине плотности частиц сказывается наличие закрытой внутригранулярной пористости.

7.7. Указанные в п.7.5. виды пористости определяются по формулам (7) — (11).

Общая пористость

$$n = (\rho_s - \rho_\alpha)/\rho_s, \qquad (7)$$

где ρ_s — плотность частиц грунта; ρ_α — плотность сухого грунта.

Межчастичная пористость

$$n_м = (\rho_{ч.св} - \rho_\alpha)/\rho_{ч.св}, \qquad (8)$$

где $\rho_{ч.св}$ — средневзвешенная величина средней плотности частиц* всех фракций грунта.

Межчастичная пористость крупнозема

$$n_к = (\rho_{ч.св} - \rho_к)/\rho_{ч.св}, \qquad (9)$$

где $\rho_к = \rho_\alpha P_к$.

---

* Средняя плотность частиц — отношение массы частиц к их объему, включая имеющиеся в них пустоты и поры.

Внутригранулярная открытая пористость

$$n_0 = \rho_\alpha (\rho_з - \rho_{ч.св}) / \rho_з \rho_{ч.св}, \quad (10)$$

где $\rho_з$ — плотность частиц с учетом закрытой пористости, определяемая по методике ГОСТ 5181—78.

Внутригранулярная закрытая пористость

$$n_з = \rho_\alpha (\rho_S - \rho_з) / \rho_S \rho_з. \quad (11)$$

7.8. Определение плотности частиц ρ_S производится в соответствии с ГОСТ 5181—78 с внесением следующего изменения: смесь проб, отобранных из каждой фракции грунта, подвергается дроблению и пропускается через сито с отверстиями 0,5 мм. Дальнейшее определение производится в соответствии с ГОСТом.

7.9. Плотность грунта в естественном залегании рекомендуется определять методом шурфика. Объем шурфика устанавливается в зависимости от крупности частиц грунта по табл.10.

Таблица 10. Объемы шурфиков в зависимости от крупности крупнообломочных частиц грунта

Размер наиболее крупных частиц грунта d_{max}, мм	Минимальный объем шурфика, дм^3	Точность определения положения уровня воды и размеров шурфика ΔH, см
До 10	2	± 0,1
" 20	4	± 0,2
" 40	8	± 0,2
" 60	20	± 0,2
" 100	120	± 0,5
" 200	500	± 0,5
Свыше 200	501—1000 и более	± 1

7.10. Объем шурфика определяется по объему залитой в него воды или с использованием балонных плотномеров.

При объеме шурфика более 150 л допускается вычислять его объем по данным измерения размеров в нескольких перпендикулярных сечениях. Точность определения размеров шурфика, так же как и положения уровня воды, должна быть не ниже указанной в табл.10.

7.11. В естественном залегании плотность грунтов, содержащих не более 20% частиц крупнее 70 мм, может определяться радиоизотопным гамма-методом в соответствии с ГОСТ 23061—78.

7.12. Влажность крупнообломочных грунтов подразделяется на следующие виды: общую влажность грунта W, влажность мелкозема $W_м$ и влажность крупнозема $W_к$.

7.13. Все виды влажности могут быть определены как термовесовым, так и расчетным методом.

7.14. Термовесовым методом влажность определяется в соответствии с ГОСТ 5180—75. Масса пробы приведена в табл.11.

Таблица 11. Оптимальная масса пробы в зависимости от размера частиц грунта

Размер наиболее крупных частиц, мм	Масса пробы, кг, не менее
До 10	0,5
" 20	1
" 40	2,5
" 60	4
" 100	10

7.15. Расчетным методом общая влажность грунта, влажность мелкозема $W_м$ и влажность крупнозема $W_к$ определяются по формулам

$$W = W_м - P_к (W_м - W_к); \quad (12)$$

$$W_м = (W - W_к P_к)/(1 - P_к); \quad (13)$$

$$W_к = W - W_м (1 - P_к), \quad (14)$$

где $P_к$ — содержание частиц крупнее 2 мм.

7.16. Общая влажность грунтов в естественном залегании может определяться нейтронным методом в соответствии с ГОСТ 24181—80.

7.17. Влажность грунта $S_ч$ при отсутствии закрытой пористости определяется по формуле

$$S_ч = W\rho_d / n\rho_в, \quad (15)$$

где n — общая пористость грунта; $\rho_в$ — плотность воды, принимаемая равной 1.

При наличии закрытой пористости степень влажности рекомендуется определять по формуле

$$S_{ч_з} = W\rho_d / [(n - n_з)\rho_в], \quad (16)$$

где $n_з$ — закрытая внутригранулярная пористость. Эффективная степень влажности $S_{ч_{эф}}$ (доля заполнения межчастичных пор водой) может быть определена по формуле

$$S_{ч_{эф}} = W\rho_d / n_м\rho_в, \quad (17)$$

где $n_м$ — межчастичная пористость.

7.18. Оценка показателей физико-механических свойств крупнообломочного элювия в естественном залегании выполняется полевыми методами. В лабораторных условиях испытывают грунты нарушенной структуры с использованием крупногабаритных стендовых и обычных лабораторных приборов.

7.19. Полевые методы применяются для испытания грунтов, в которых преобладают частицы крупнее 50—80 мм и обладающих характерными

текстурными признаками (плитчатостью, сланцеватостью и неравномерностью распределения крупнозема).

7.20. Стендовые испытания грунтов, имеющих размер наибольших частиц d_{max} не более 50—80 мм, рекомендуется производить на образцах полного гранулометрического состава.

Если d_{max} превышает 50—80 мм, целесообразно проведение испытаний грунта сокращенного гранулометрического состава (модельных смесей фракций).

7.21. Если содержание мелкозема незначительно (менее 10%), то модельная смесь составляется из фракций с пропорционально уменьшенными размерами. Соотношение между фракциями остается таким же, как и в натурном грунте. При этом необходимо сохранять прочность частиц, их форму и шероховатость поверхности. В модельной смеси средневзвешенный размер частиц крупнее 2 мм должен быть не менее 20 мм.

7.22. Если содержание наиболее крупной фракции (или группы фракций) не превышает 20%, то она может быть заменена в модельной смеси равным количеством предыдущей фракции.

7.23. Оценка прочности крупнообломочных грунтов производится на стендовых приборах прямого сдвига и стабилометрах.

7.24. Испытания производятся, как правило, по схеме ускоренного сдвига. При возможности развития порового давления испытания производятся по схеме быстрого сдвига.

7.25. Диаметр образца для испытаний D должен в 5—6 раз превышать максимальный размер частиц d_{max}: $D \geqslant (5 \div 6) d_{max}$. Расстояние между обоймами сдвигового прибора устанавливается не менее $0{,}8\, d_{max}$.

7.26. Прочностные характеристики крупнообломочных грунтов в естественном залегании рекомендуется определять:

при максимальном размере крупнообломочных включений $d_{max} \leqslant 80$ мм методом среза группы целиков грунта по заданной плоскости в соответствии с действующим ГОСТ 23741—79;

при максимальном размере крупнообломочных частиц $d_{max} > 80$ мм, однородном строении и составе грунта — путем сдвига целиков, заключенных в бетонные обоймы с соблюдением основных требований ГОСТ 23741—79. Размер целиков назначается из условия $D \geqslant (8-10)\, d_{max}$, где D — диаметр круглой или сторона квадратной площадки среза.

7.27. Обработку и интерпретацию результатов испытаний грунтов ненарушенного и нарушенного сложения следует производить с учетом прочности материала частиц грунта и проектных нагрузок от сооружений.

7.28. Если прочность частиц крупнее 2 мм превышает 5 МПа, значения характеристик прочности грунтов C и φ по результатам стендовых и полевых испытаний методом сдвига групп целиков допускается устанавливать с использованием линейной зависимости сопротивления сдвигу τ от нормальной нагрузки σ согласно ГОСТ 20522—75.

При прочности частиц крупнозема менее 5 МПа и проектных нагрузках, превышающих 1 МПа (или при прочности частиц менее 1 МПа и проектных нагрузках более 0,1 МПа), а также при несовпадении ориентации плитчатых частиц грунта с направлением сдвигающего усилия зависимость $\tau = f(\sigma)$ может быть нелинейной вида $\tau = \sigma\, tg\,(\varphi + i) + C$, где i — переменный параметр, характеризующий соотношение между вертикальными и горизонтальными перемещениями при сдвиге. В этом случае характеристики прочности C и φ следует устанавливать для отдельных диапазонов нагрузки σ_1, не превышающих 0,2 МПа, или использовать в качестве характеристики прочности коэффициент сопротивления сдвигу $F_\sigma = \tau / \sigma$. При необходимости параметры φ и C могут быть вычислены для интересующего диапазона нагрузок $\sigma_1 - \sigma_2$ по соответствующим величинам F_{σ_1} и F_{σ_2}.

$$tg\varphi = (\sigma_2 F_{\sigma_2}/\sigma_1 - F_{\sigma_1})/(\sigma_2/\sigma_1 - 1); \qquad (18)$$

$$C = \sigma_2 (F_{\sigma_2} - tg\varphi). \qquad (19)$$

7.29. При испытании грунтов методом сдвига отдельных прибетонированных штампов зависимость сопротивления сдвигу τ от нагрузки σ принимает вид:

при сдвиге штампа — $\tau = \sigma tg(\varphi + i) + C$; (20)

при дальнейшем перемещении штампа — $\tau = \sigma tg(\varphi + i)$. (21)

Характеристики прочности определяются с учетом перемещения штампа в горизонтальном и вертикальном направлениях.[1]

7.30. Модуль деформации крупнообломочных грунтов рекомендуется определять в полевых условиях загружением жестких металлических штампов статическими нагрузками. Испытания и обработка результатов производится в соответствии с ГОСТ 12374—77* при соблюдении требования $2b \geq (5 \div 7)\sqrt[3]{V}$, где $2b$ — диаметр или сторона штампа; V — средний объем частиц наиболее крупной фракции. Если по грунтовым условиям требуется устройство песчаной подушки под штамп более 5 см, то выравнивание поверхности производится цементным раствором с выдержкой его до приобретения необходимой прочности.

7.31. Оценка сжимаемости крупнообломочного элювия может осуществляться на стендовых компрессионных приборах и в приборах трехосного сжатия.

7.32. При компрессионных испытаниях высота образца H не должна превышать его диаметра D при отношении $H/d_{max} \geq 3$.

7.33. Вычисление характеристик сжимаемости — коэффициента уплотнения a и модуля деформации E (ГОСТ 23908—79 с изм.) следует производить по формулам:

$$a = (1 + l_{M_0})(\varepsilon_i - \varepsilon_{i+1})/(P_{i+1} - P_i); \quad (22)$$

$$E = (P_{i+1} - P_i)\beta/(\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i), \quad (23)$$

где l_{M_0} — начальный коэффициент межчастичной пористости; ε_i и ε_{i+1} — относительные деформации образца соответственно от i-той и $i+1$ ступеней давления P_i и P_{i+1}; β — поправка, учитывающая отсутствие поперечного расширения и принимаемая равной 1.

Вычисление характеристик сжимаемости грунтов с пористыми частицами с использованием коэффициента общей пористости не допускается.

7.34. Способность к набуханию щебенисто-глыбового элювия определяется способностью к набуханию мелкозема этих грунтов. Определение характеристик набухания производится в соответствии с ГОСТ.

7.35. Предварительная оценка способности к набуханию грунта полного гранулометрического состава производится по величинам свободного относительного набухания мелкозема $\varepsilon_{s\omega_M}$ и относительного содержания мелкозема a_e

$$a_e = (n_к - n)/n_к. \quad (24)$$

7.36. Опытное определение способности к набуханию грунта полного гранулометрического состава следует производить при $\varepsilon_{s\omega_M} \geq 0{,}04$ и $a_e \geq 1 - 0{,}3/(1 - 0{,}7P_к)$.

7.37. Водопроницаемость крупнообломочного элювия в естественном залегании оценивается в соответствии с ГОСТ 23278—78.

7.38. В лабораторных условиях водопроницаемость рекомендуется определять на образцах нарушенной структуры и полного гранулометрического состава при заданной плотности грунта.

---

[1] Ухов С.Б. Скальные основания гидротехнических сооружений. М.; Энергия, 1975, 263 с.

Коэффициент фильтрации рассчитывается по формуле

$$K_ф = Q\Delta l / F\Delta H, \qquad (25)$$

где Q — расход воды в единицу времени; F — площадь сечения образца; ΔH и Δl — соответственно перепад напора и расстояние между расчетными сечениями.

7.39. В крупнообломочных элювиальных грунтах возможность суффозионного выноса частиц определяется их гранулометрическим составом. Предварительную оценку возможности суффозионного выноса частиц грунта рекомендуется производить по форме дифференциальной кривой гранулометрического состава.

При одновершинной дифференциальной кривой без разрывов суффозионный вынос, как правило, не наблюдается. При наличии у кривой нескольких вершин разрывов существует опасность суффозионного выноса

Если по результатам предварительной оценки обнаруживается опасность суффозионного выноса частиц, необходимо производить оценку возможности суффозионного разрушения грунта существующими методами.

8. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЮВИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД В ПРОЦЕССЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ НА ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

8.1. При вскрытии карбонатных пород и их элювия в откосах, котлованах и других строительных выемках необходимо учитывать воздействие на них процессов выветривания.

8.2. Прогноз скорости выветривания карбонатных пород предполагает учет зональных (климатических), региональных (геологических) и техногенных факторов.

8.3. Региональными факторами, оказывающими существенное влияние на скорость процесса, являются: минеральный состав карбонатных пород, структурно-текстурные особенности, трещиноватость, пористость, дисперсность элювия. По устойчивости к процессам выветривания породы составляют следующий ряд: доломит первичный — доломит вторичный — доломит известковый — ракушечник — мел.

8.4. Механизм процесса выщелачивания карбонатных пород в трещиноватой, обломочной и дисперсной зонах различен. По мере увеличения дезинтегрированности интенсивность процесса возрастает.

8.5. Изменение состава и свойств карбонатных пород предопределены гидрохимической и гидродинамической обстановками в зоне выветривания. Породы одного и того же состава в различных гидрохимических средах выщелачиваются с различной интенсивностью.

8.6. Зональные (климатические) и техногенные (химический состав сбросных вод) факторы определяют кислотно-щелочные условия зоны выветривания.

8.7. Рекомендуется выделять по составу четыре типа вод: сильно-кислые (pH $<$ 3), слабокислые и кислые (pH $\simeq$ 3–6,5), нейтральные (pH = 6,5–8,5) и щелочные (pH $>$ 8,5).

8.8. Выщелачивание карбонатных пород в кислых средах (pH $<$ 3) протекает примерно в 10 раз интенсивнее, чем в нейтральных.

8.9. В условиях кислых сред выщелачивание карбонатных пород протекает бурно, но при этом происходят быстрая нейтрализация вод и затухание самого процесса. Выщелачивание пород в условиях нейтральных сред протекает более замедленно, агрессивность вод снижается медленнее и процесс выветривания проникает на большие глубины.

8.10. На механизм процесса выветривания карбонатных пород оказывает существенное влияние компонентный состав фильтрующихся вод, в зависимости от него интенсивность процесса существенно меняется. Наиболее силь-

Таблица 12. Взаимосвязь концентрации кальция и магния (C_{Ca}, C_{Mg}, мг/л) с величиной pH в водах различного генезиса

Породы	Генезис вод	Начальная и конечная величины pH		
		3,7–4,5	4,9–5,5	5,6–7,5
Мел	Атмосферные осадки	C_{Ca} = 14pH–48,4 C_{Mg} = 0,37pH+0,4	–	C_{Ca} = 17pH–33,9 C_{Mg} = –3,5pH+45,9
	Болотные воды	–	C_{Ca} = 11,5pH+21 C_{Mg} = –3,9pH+4,2	–
Ракушечник	Атмосферные осадки	–	–	C_{Ca} = 9,9pH–51,5
	Болотные воды	C_{Ca} = 9,4pH–36,2 C_{Mg} = 3,3pH–14,7	–	C_{Ca} = 6,1pH+54 C_{Mg} = 7,8 p H – 19,4
Известняк	Атмосферные осадки	C_{Ca} = 4,5pH–12 C_{Mg} = 3,3pH–10,6	–	–
	Болотные воды	C_{Ca} = 5,5pH–19,5 C_{Mg} = 1,3pH–4,3	C_{Ca} = 2,2pH+70,5 C_{Mg} = –1,3pH+30,4	C_{Ca} = –7,8pH–13,4 C_{Mg} = 1,2pH–2,9
	Воды лесных подстилок	C_{Ca} = 6,8pH–16,9 C_{Mg} = 3,1pH–13,8	C_{Ca} = 6,3pH–24,8 C_{Mg} = 0,6pH+1,4	–
Известняк доломитизированный	Атмосферные осадки	–	–	C_{Ca} = 2,1pH–90,5 C_{Mg} = 2,1pH–9,1
	Болотные воды	–	C_{Ca} = 4,7pH–5,4 C_{Mg} = 1,6pH–5,4	–
Доломит	Атмосферные осадки	–	C_{Ca} = 4,6pH–23,3 C_{Mg} = 1,1pH–1,7	–

ными агентами являются присутствующие в воде неорганические кислоты, далее органические кислоты и атмосферные осадки.

8.11. Приближенную оценку растворимости карбонатных пород в водах различного генезиса можно получить по уравнениям регрессии (табл.12).

8.12. Приближенная прогнозная оценка растворимости карбонатных пород под воздействием комплекса факторов (воды, органической кислоты, углекислоты, кислорода, при температуре 20°С) может быть рассчитана по уравнению регрессии, полученному в результате дробного факторного эксперимента по изучению процесса выветривания карбонатных пород в лабораторных условиях (с учетом коэффициента запаса, равного 2). y — вынос карбонатных пород, г/кг.год; оценивается по следующему уравнению:

$$y = -4{,}8\,x_1 - 0{,}24x_2 + 1{,}2x_3 - 0{,}0001x_4 + 24, \qquad (26)$$

где x_1 — pH фильтрующихся вод; x_2 — скорость инфильтрации, мл/мин; x_3 — парциальное давление кислорода, мм ртутного столба; x_4 — концентрация углекислого газа, мг/л.

8.13. Скорость выветривания карбонатных пород возрастает при увеличении температуры. При повышении температуры от 20 до 70°С скорость выщелачивания карбонатных пород увеличивается в 3,7 раза в кислых средах и в 2,5 раза в слабокислых.

8.14. Прогноз процесса выветривания элювия карбонатных пород, слагающих основания зданий и сооружений, должен опираться на следующие факторы:

региональные геологические (минеральный состав и генезис, трещиноватость, дисперсность, структурно-текстурные особенности);

зональные (режим, интенсивность и химический состав естественных метеоров, инфильтрующихся через горные породы);

техногенные (режим, интенсивность и химический состав бытовых и сточных вод, утечки из коммуникаций, сбросы технических вод и т.д.).

8.15. По результатам лабораторного моделирования процесса выветривания карбонатных пород в пп. 8.17—8.25 дается прогноз изменения их физико-механических свойств. Период прогноза установлен путем пересчета данных экспериментальных работ по количеству фильтрующейся воды на количество воды, инфильтрующейся через карбонатные породы в природных условиях (разность между годовой величиной атмосферных осадков и величинами испарения и поверхностного стока). Этот период составляет 50—60 лет, с учетом коэффициента запаса, равного 2, он соответствует 25 — 30 годам.

8.16. Процесс выветривания первичных доломитов и их элювия в условиях инфильтрации атмосферных осадков и других вод, не содержащих значительного количества кислот (нейтральная среда pH = 6,5—8,5), сопровождается увеличением шероховатости поверхности пород, обусловленной потерей связи между отдельными зернами, формированием пор размером до 0,4 мм и грануляцией, идущей вдоль стенок пор. Пористость пород увеличивается до 10%, плотность и прочность снижаются на 2—3%.

8.17. В тех же условиях изменение вторичного доломита идет по линии грануляции зерен доломита, которую следует рассматривать как начальную стадию образования доломитовой муки. Пористость пород возрастает на 25—30 %, плотность снижается на 3%, прочность — на 40%. В результате выветривания формируются песчано-карбонатные отложения.

8.18. Механизм выщелачивания доломита известковистого и известняка доломитизированного при взаимодействии с нейтральными водами включает процесс растворения кальцита и гранулированной каймы доломитовых зерен, увеличение количества пор и размера до 0,8—0,9 мм, дальнейшую грануляцию доломитовых зерен и частичное заполнение пор реликтовым глинистым веществом. Продуктом выветривания этих пород являются песчано-карбонатные накопления.

8.19. Процесс выветривания известняка при взаимодействии с нейтральными водами сводится к растворению микрита, сопровождающемуся образованием множества мелких пор размером до 0,1 мм и увеличением существующих пор. При этом интракласты и зерна доломита остаются неизмененными, что приводит к формированию в продукте выветривания песчано-карбонатных отложений. Плотность пород уменьшается на 5—15%, пористость возрастает на 20—80%, прочность снижается на 25—30%.

8.20. Процесс выветривания первичного доломита в условиях кислых сред (pH = 3—4) сводится к полному растворению зерен доломита. Остаточным продуктом является глинистое вещество, сохраняющее свою первичную структуру и цементирующее остаточные зерна доломита (пылевато-карбонатная порода).

8.21. Подобным образом выветриваются и вторичные доломиты. Отсутствие в исходном составе глинистого вещества приводит к формированию доломитовой муки. Пористость пород возрастает до 30%, а прочность пород снижается на 70%.

8.22. Выветривание известковистого доломита и известняка доломитизированного в условиях кислых сред (pH = 3—4) заключается в преимущественном растворении зерен кальцита и доломита, сопровождающегося относительным накоплением глинистого вещества, сохраняющего первичную структуру. Пористость пород возрастает на 15—35%. В итоге формируются пылевато-глинистые накопления.

8.23. Выветривание известняка, не имеющего значительного количества примесей, в кислых средах сводится к растворению зерен кальцита, сопровож-

дающемуся увеличением размера пор с 0,3 до 1,5 мм; пористость при этом возрастает на 60—70%, плотность уменьшается на 20—25%, прочность до 20%. Процесс может привести к полному растворению известняка без образования продукта выветривания.

8.24. Наиболее благоприятные условия для образования доломитовой муки создаются при выветривании доломитов известковистых и известняков доломитизированных в условиях нейтральных сред и при выветривании чистых разностей доломитов в условиях кислых сред.

8.25. В случае инфильтрации агрессивных вод через известняки доломитизированные, доломиты известковистые и доломиты первичные в процессе эксплуатации сооружения возможно интенсивное растворение карбонатов породы, накопление глинистого вещества, сопровождающееся существенным увеличением пористости, резким снижением прочности и увеличением сжимаемости грунта основания. Это может вызвать большую осадку сооружения и потерю его устойчивости.

8.26. Выветривание карбонатных пород оснований сооружений за 25—30 лет может привести к выносу только за счет процесса выщелачивания от 15 до 160 кг вещества из 1 $м^3$ породы основания, что означает увеличение пористости и кавернозности пород на 10—35%. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании сооружений, чтобы предотвратить утечку воды в основание.

8.27. При назначении периода, в течение которого карбонатные породы и его элювий, будучи вскрыты котлованами, могут оставаться не защищенными от воздействия агентов выветривания, следует руководствоваться рядом, ранжирующим их устойчивость по отношению к выветриванию.

При условии отсутствия осадков доломиты и известняки, вскрытые строительными выемками, могут оставаться незащищенными несколько месяцев.

Слаболитифицированные карбонаты (ракушечники и им подобные), мел и мелоподобные породы, рыхлый элювий карбонатных пород рекомендуется после их вскрытия защищать от атмосферных осадков.

8.28. При проведении полевых и лабораторных испытаний по определению деформационных и прочностных свойств карбонатных пород замачивание образцов в приборах и грунтов в выработках (шурфах, дудках) должно проводиться растворами по химическому составу, отвечающими тем, которые будут взаимодействовать с карбонатными породами основания в период строительства и эксплуатации сооружения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОРИЕНТИРОВОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД (ПО Л.Б.РУХИНУ И Г.ТЕОДОРОВИЧУ)

Реагент	Известняк			
	Известняка чистого	Известняка доломитизированного	Доломита известковистого	Доломита чистого
5%-ный ненагретый раствор соляной кислоты	Бурно вскипает на свежем изломе		На свежем изломе вскипает слабо	На свежем изломе не вскипает, в порошке вскипает
10%-ный раствор хлористого железа	Обильно выделяется углекислый газ, в пробирке появляется коричневато-красный, студнеобразный осадок, не выливающийся при опрокидывании пробирки	Выделяется значительное количество пузырьков газа, раствор окрашивается в красный цвет, устойчивый студнеобразный осадок не образуется	Выделяется небольшое количество пузырьков газа, раствор приобретает красноватый оттенок	Раствор мутнеет, после отстаивания становится прозрачным, цвет его не меняется

Порядок определения: ножом наскребается примерно 1 г порошка определяемой породы, засыпается в пробирку, доливается 5 $см^3$ раствора хлористого железа, пробирка взбалтывается.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Хромовосеребряная реакция. Порошок карбонатного грунта на 2—4 мин погрузить в нагретый до 60—70°С 10%-ный раствор азотно-кислого серебра. В результате реакции обменного разложения зерна кальцита покрываются углекислым серебром. После обработки порошок отфильтровывают, промывают водой и погружают на 1 мин в слабый раствор хромово-кислого калия. Во время реакции зерна кальцита покрываются ярким красновато-коричневым налетом хромово-кислого серебра. Доломит указанной реакции не дает, арагонит дает эту реакцию, но значительно слабее.

Реакция с хлористым железом. 1 г порошка грунта помещают в пробирку и, прибавив 5 мл 10%-ного раствора хлористого железа, сильно встряхивают. Зерна кальцита и арагонита покрываются красно-бурым налетом гидроокиси железа. Доломит и магнезит не дают такой реакции.

Реакция, при которой можно отличить кальцит от арагонита. Мелкорастертую пробу помещают в пробирку, добавляют разбавленный раствор азотно-кислого кобальта и кипятят в течение 1 мин. Арагонит при этот тотчас окрашивается в лиловый цвет вследствие образования основного карбонатного кобальта. Кальцит в лиловый цвет не окрашивается даже при продолжительном кипячении и только после 5—10 мин кипячения приобретает светло-голубой

оттенок. Подобно арагониту с азотно-кислым кобальтом реагирует витерит $BaCO_3$ и стронцианит $SrCO_3$.

Реакция, при которой можно отличить магнезит от доломита (Реакция Ф.Файгеля). В маленькую фарфоровую чашечку поместить 2—3 капли горячего щелочного спиртового раствора дифенилкарбазида и опустить в него маленький кусочек исследуемого грунта. Через 5 мин окрашенный раствор извлечь из чашки пипеткой, заменить его горячей водой и промывать до тех пор, пока вода не перестанет окрашиваться. Если крупинка минерала окажется окрашенной в красно-фиолетовый цвет, это указывает на то, что исследуемый грунт представлен магнезитом или содержит в своем составе магнезит. Если карбонат магния присутствует в виде доломита, т.е. имеет доломитовую связь, окрашивания не происходит. Доломитовую связь можно нарушить, если сильно прокалить кусочек минерала, тогда указанная реакция будет иметь место.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Использование автоматической бюретки Л.Г.Берга дает возможность вести анализ смеси карбонатных минералов с точностью, не уступающей химическим методам. Содержание отдельных компонентов карбонатных грунтов вычисляют по объему выделяющихся при их разложении газов. Основную часть прибора Л.Г.Берга составляет газовая бюретка. Нижняя часть ее служит резервуаром для ртути и снабжена небольшим импульсным насосом, позволяющим выдавливать каплю ртути в верхнюю часть бюретки, которая служит для измерения объема газа. Бюретка должна быть проградуирована, и объем ее точно измерен. Газ поступает в бюретку через отросток с левой стороны и продвигает впереди себя выдавленную насосом каплю ртути. Бюретка действует автоматически, так как в конце бюретки имеются контакты, замыкающие ток, подаваемый на сетку электронного реле. Реле замыкает ток, идущий к насосу, насос начинает работать и вновь выдавливает каплю ртути. Одновременно работает счетчик, показывающий количество прошедших через бюретку капель ртути или число заполнений бюретки определяемым газом. Зная объем газа, его температуру и давление, легко вычислить количественное содержание того или иного минерала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЛЯНО-КИСЛОЙ ВЫТЯЖКИ ИЗ ГРУНТОВ

Соляно-кислую вытяжку выполняют для определения содержания в грунте гипса и карбонатов щелочно-земельных металлов.

При обработке грунта соляной кислотой в раствор переводятся сульфаты кальция, карбонаты кальция и магния, а также могут частично разлагаться и переходить в раствор некоторые элементы минералов силикатной части.

Подготовка грунтов к соляно-кислой вытяжке

1. Навески 1, 2, 3, .., 10 г берут после предварительного качественного опробования.

2. Объемы вытяжки составляют 250—500 мл.

3. Усредненную навеску измельчают в ступке, просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм, затем отбирают среднюю пробу. Измельчение заканчивают в агатовой ступке, затем просеивают через сито с диаметром отверстий 0,25 мм.

4. Результаты анализа соляно-кислой вытяжки рассчитывают с поправкой на гигроскопическую воду, т.е. на абсолютно сухую навеску грунта.

5. В бокс помещают грунт, масса которого должна быть примерно в два раза больше отбираемой на анализ навески, высушенной в шкафу при температуре 105° С в течение 4 ч. После этого бюксы с грунтом остужают в эксикаторе, предельно быстро отвешивают на аналитических весах навеску для анализа и помещают в стакан на 150 мл.

При определении гигроскопической влажности грунта навеску на анализ и навеску для гигроскопической влажности берут одновременно. При этом методе рассчитывают коэффициент пересчета (в процентах) воздушно-сухого грунта на сухой:

$$W_г = a \cdot 100/p, \qquad (27)$$

где a — потеря в массе после высушивания при температуре 105° С; p — масса образца грунта, высушенного при этой же температуре.

Коэффициент пересчета воздушно-сухой навески грунта на сухую навеску равен:

$$K = (100 + W_г)/100. \qquad (28)$$

Анализ соляно-кислой вытяжки

На аналитических весах отвешивают 0,5—10 г воздушно-сухого или высушенного при температуре 105° С грунта, помещают в стакан на 150—200 мл сухой порошок навески, смачивают 5—10 мл дистиллированной воды и затем осторожно при постоянном помешивании по каплям добавляют 10%-ную соляную кислоту для разложения карбонатов (на холоде в основном разлагается $CaCO_3$). Для того чтобы не было потерь вытяжки и грунта, стаканы с навеской покрывают стеклом. После того, как образец перестанет "вскипать", в стакан с навеской приливают около 80—100 мл 2%-ного раствора HCl, подогретого до 40—50° С и настаивают вытяжку 20—30 мин на водной бане, которая сохраняет эту температуру. Это необходимо для полного разложения доломита и растворения гипса. Выше 50° С температуру повышать нельзя, так как увеличивается степень разложения силикатов, что недопустимо. После настаивания в HCl нерастворимому остатку дают стечь на дно и декантируют раствор через предварительно высушенный до постоянного веса беззольный фильтр синей ленты.

Определение нерастворимого в кислоте остатка

Вытяжку фильтруют через предварительно высушенный фильтр. В высокий бюкс вкладывают вместе с беззольным фильтром синей ленты еще кусочек фильтра, который затем используется при отмывании нерастворимого осадка от стакана. Бюкс с фильтром и кусочком фильтра высушивают в сушильном шкафу при 105° С в течение 4 ч, затем еще в течение 2 ч до постоянного веса. Чтобы лучше отмыть осадок от HCl, его необходимо промыть 5—6 раз горячей дистиллированной водой методом декантации, а затем перенести осадок на фильтр. Промывание нерастворимого осадка ведут до отрицательной реакции на Cl^- и SO_4^{2-} в 10 каплях фильтрата. Окончание промывания следует вести осторожно, так как при излишнем промывании может начаться пептизация глинистых частиц и прохождение их через фильтр. Фильтрат и промывную воду собирают в мерную колбу, объем вытяжки доводят дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивают и приступают к анализу вытяжки.

Фильтр с нерастворимым остатком подсушивают в воронке до слегка влажного состояния, переносят в бюкс, высушивают до постоянного веса в шкафу при 105—110° С. Первое взвешивание производят через 5—6 ч, а пос-

леднее — через 2 ч. Количество нерастворимого остатка рассчитывают по формуле.

$a \cdot 100/p$ = нерастворимый остаток, % к воздушно-сухому грунту; (29)

$Ka \cdot 100/p$ = нерастворимый остаток, % к сухому грунту, (30)

где a — масса нерастворимого остатка, г; p — навеска грунта (воздушно-сухая), г; K — коэффициент пересчета воздушно-сухого грунта в сухой.

Определение суммы полуторных окислов (весовой метод)

Соляно-кислую вытяжку объемом 100 мл отбирают в стакан (после отделения нерастворимого остатка). Вытяжку подкисляют четырьмя-пятью каплями концентрированной HCl, нагревают, затем прибавляют бромную воду (для окисления железа) в таком количестве, чтобы раствор принял светло-коричневый цвет. Кипятят содержимое стакана до исчезновения окраски и запаха брома (5—7 мин). После окисления железа к раствору добавляют 1,5 мл концентрированной HCl, которую затем нейтрализуют 25%-ным раствором аммиака до начала выпадения осадка гидроокисла железа (pH≈2), раствор нагревают до кипения, осаждают полуторные окислы 10%-ным раствором аммиака, добавляя последний небольшими порциями до появления запаха аммиака. Как только осадок осядет на дно, а жидкость над ним станет прозрачной, приступают к фильтрованию, температура фильтруемого раствора должна быть не ниже 60—70° С. При остывании осадок переходит в трудно фильтруемую слизистую форму и может пройти через фильтр. Полуторные окислы фильтруют через фильтр красной ленты сначала декантацией, а затем смывают осадок со стенок стакана. Промывают осадок полуторных окислов горячим (не ниже 70) 1%-ным раствором азотно-кислого аммония до отрицательной реакции на Cl. Водой осадок промывать нельзя, так как это влечет за собой пептизацию осадка. Фильтр с осадком полуторных окислов подсушивают на воронке, затем переносят во взвешенный тигель, высушивают, фильтр озоляют, а осадок прокаливают до постоянного веса. Прокаливание осадка проводят в течение 15—20 мин при температуре 900—1000° С. Затем прокаленный осадок охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Расчет

Для определения полуторных окислов взять весь фильтрат после отделения нерастворимого остатка

$a W \cdot 100/p = R_2O_3$, % к воздушно-сухому грунту; (31)

$Ra\ W \cdot 100/p = R_2O_3$, % к сухому грунту. (32)

Для определения полуторных окислов взята аликватная часть соляно-кислой вытяжки

$a \quad W \cdot 100/V_p = R_2O_3$, % к воздушно-сухому грунту; (33)

$K W \cdot 100 a/V_p = R_2O_3$, в % к сухому грунту, (34)

где a — осадок полуторных окислов, г; W — общий объем вытяжки; 100 — расчет на 100 г грунта, %; p — навеска грунта, г; V_p — объем вытяжки, взятой на определение R_2O_3.

Фильтрат и промывные воды после отделения R_2O_3, собранные в мерной колбе (удобнее на 250 мл), доводят до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и в этом растворе определяют Ca и Mg.

Примечание. При высокой требовательности к анализу осадок необходимо переосаждать, так как Mg и Ca может осесть в виде гидрата окиси.

Определение $Ca + Mg$ (трилонометрический метод). 25—50 мл соляно-кислой вытяжки (после отделения полуторных окислов) помещают в колбу на 250 мл, добавляют дистиллированную воду с таким расчетом, чтобы получилось 100 мл раствора. Затем производят подщелачивание 10%-ного раствора аммиака с добавлением двух-трех капель спиртового 0,1%-ного фенолфталеина. Аммиак добавляют до слабо-голубого окрашивания раствора (pH = 10,5). Такое количество фенолфталеина не мешает последующему титрованию трилоном. Титрование производят как обычно от розового окрашивания раствора до голубого. В качестве индикатора берут эриохром черный ЕТ-00.

Определение Mg и Ca (трилонометрический метод). 25—50 мл вытяжки (после полуторных окислов) помещают в колбу на 250 мл, добавляют дистиллированную воду с таким расчетом, чтобы получилось 100 мл раствора, подщелачивают 2%-ным раствором едкого натрия или калия, добавляют две-три капли водного раствора 0,1%-ного малахитового зеленого, затем добавляют 5 мл 2н раствора щелочи (КОН или $NaOH$), после чего щелочь добавляют по каплям до исчезновения зеленой окраски индикатора.

Процесс подщелачивания производят быстро, затем прибавляют мурексид и титруют трилоном от розовой окраски к лиловой.

Расчет MgO

$$(\delta - a)N \cdot 20{,}16\, W \cdot 100/V_p \cdot 1000 = MgO, \text{ в \% к воздушно-сухому грунту;} \quad (35)$$

$$K(\delta - a)N \cdot 20{,}16 W \cdot 100/V_p \cdot 1000 = MgO \text{ в \% к сухому грунту,} \quad (36)$$

где a — количество раствора трилона, израсходованного на титрование кальция, мл; δ — количество раствора трилона, израсходованного на титрование $(Ca + Mg)$, мл; N — нормальность раствора трилона; W — общий объем вытяжки; V — объем раствора, взятый на титрование $(Ca+Mg)$ с учетом разведения раствора (после отделения полуторных окислов); p — навеска грунта, г; 20,16 — эквивалентный вес MgO.

Расчет CaO

$$a\,N \cdot 28{,}04\, W \cdot 100/V_p \cdot 1000 = CaO, \text{ \% к воздушно-сухому грунту;} \quad (37)$$

$$Ka\,N \cdot 28{,}04\, W \cdot 100/V_p \cdot 1000 = CaO, \text{ \% к сухому грунту,} \quad (38)$$

28,04 — экв.вес CaO.

Примечания: 1. Если на определение полуторных окислов было взято аликвотное количество раствора, то при расчете CaO и MgO нужно учитывать степень разведения общего раствора вытяжки, взятого на титрование с учетом разведения. 2. Если невозможно определить конец титрования, в подщелачиваемый раствор следует добавить несколько кристаллов диметилдитиокарбоната натрия. Последующее титрование ведется как обычно. Индикатор ЕТ-00 очень чувствителен к меди, в этом случае титрование бессмысленно.

Определение сульфатов (весовой метод) в форме серно-кислого бария

Для предупреждения осаждения серно-кислого кальция и уменьшения адсорбции железа перед осаждением сульфатов раствор следует сильно разбавить, предварительно восстановив трехвалентное железо до двухвалентного.

В соответствии с предварительной качественной пробой на осаждение сульфат-иона берут объем соляно-кислой вытяжки, чтобы масса прокаленного осадка сульфата бария не превышала 0,1 г. Аликвотную (25—50 мл) часть

раствора вытяжки (до отделения R_2O_3) разбавляют дистиллированной водой. Если во время анализа разбавление соляно-кислого раствора необходимо, то перед осаждением сульфата бария следует добавлять соляную кислоту, разбавленную в отношении 1:1, из расчета 1 мл на 1000 мл исследуемого раствора, нагревают до кипения и добавляют 1 мл 10%-ного раствора соляно-кислого гидроксиламина. Через 2—3 мин к кипящему раствору по каплям с помощью пипетки добавляют горячий 5%-ный раствор хлористого бария 5—10 мл.

Избытка осадителя следует избегать для предупреждения его окклюзии осадком серно-кислого бария. Для получения более крупного и чистого осадка $BaSO_4$ рекомендуется жидкость кипятить. Стакан с осадком держат на теплой плитке 3 ч, а затем ночь на холоде.

Раствор проверяют на полноту осаждения. Осадок фильтруют через беззольный фильтр с синей лентой. Для уплотнения фильтра на воронке его запаривают горячей дистиллированной водой. Осадок переносят на фильтр. Фильтр с осадком промывают горячей дистиллированной водой, чтобы не произошло отрицательной реакции на Cl.

Влажный фильтр с осадком помещают в заранее прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель, подсушивают и осторожно озоляют, не допуская воспламенения бумаги, затем прокаливают 30—40 мин до полного сжигания углистых частиц при t = 600—700 С, так как при температуре 800°С начинается разложение $BaSO_4$ с образованием BaO. После охлаждения в эксикаторе тигли с осадком взвешивают на аналитических весах. Прокаливание ведут до постоянного веса.

Расчет сульфатов

$$a \cdot 0{,}3430\, W / V_p = SO_3 \text{, \% к воздушно-сухому грунту;} \quad (39)$$

$$Ka \cdot 0{,}3430\, W \cdot 100 / W_p = SO_3 \text{, \% к сухому грунту,} \quad (40)$$

где a — масса осадка $BaSO_4$, г; 0,3430 — коэффициент пересчета с $BaSO_4$ на SO_3; W — общий объем вытяжки; V — объем вытяжки, взятый на определение сульфатов; P — навеска грунта, г.

Определение суммарного железа

К аликватной части 100 мл раствора вытяжки из колбы на 500 мл добавляют одну каплю 0,05%-ного метилового фиолетового водного раствора. Если при этом раствор окрасится в желтый цвет (pH=0,5), добавляют по каплям 1 н раствора аммиака, если в синий (pH=1,5—2) или фиолетовый (pH≤2) добавляют 1 н раствор HCl до перехода окраски в сине-зеленый цвет (pH = 1,2—1,3).

После этого раствор нагревают до 60—70°С, прибавляют около 0,1 г надсерно-кислого аммония. При этом двухвалентное железо окисляют до трехвалентного. В раствор приливают 1 мл 10%-ного раствора сульфосалициловой кислоты. При наличии железа развивается красно-фиолетовая окраска. Железо в окисленном растворе оттитровывают 0,02 н раствором трилона Б до исчезновения розового оттенка. Если в растворе железа много, то оттитровывают до лимонно-желтого цвета, если мало — до слабо-желтого цвета.

Расчет

$$aNW \cdot 27{,}93 \cdot 100 / pV \cdot 1000 = Fe_2O_3 \text{, \% к воздушно-сухому грунту;} \quad (41)$$

$$aNW \cdot 27{,}93 \cdot 1{,}43 \cdot 100 / pV \cdot 1000 = Fe_2O_3 \text{, \% к сухому грунту,} \quad (42)$$

где a — количество раствора трилона, израсходованного на титрование железа, мл; N — нормальность раствора трилона Б; W — общий объем вытяжки; 27,93 — эквивалентный вес в данной реакции с трилоном Б; 1,43 — коэффициент пересчета; V — объем вытяжки, взятый для титрования; p — навеска грунта, г.

Определение алюминия (трилонометрический метод)

К раствору, в котором оттитровывали железо, приливают раствор трилона Б (из бюретки на 5—10 мл, 0,5%-ного раствора трилона Б) в таком объеме, чтобы после связывания алюминия остался его избыток. Для разрушения персульфатов алюминия к раствору железа добавляют 1 мл 20%-ного раствора гидраксиламина соляно-кислого. Затем вносят одну каплю 0,1%-ного раствора метилового красного, нейтрализуют пробу 1 н раствором аммиака до появления желтой окраски, после чего добавляют две капли соляной кислоты (1:1).

Полученный раствор нагревают до кипения, снимают с нагревательного прибора и добавляют 10 мл ацетатного буфера (pH = 5,2). Раствор охлаждают до 60—70°, вносят в колбу сухой индикатор ксилиноловый оранжевый на кончике шпателя и оттитровывают избыток трилона Б 0,05М раствором ацетата цинка до перехода окраски из желтой в розовую.

Расчет

$$(aM - a_1M_1) \cdot 27 \cdot 1{,}894W \cdot 100/pV \cdot 1000 = Al_2O_3, \text{ в \% к воздушно-сухому грунту;} \quad (43)$$

$$K(aM - a_1M_1) \cdot 1{,}894\,W \cdot 100/pV \cdot 1000 = Al_2O_3, \text{ \% к сухому грунту,} \quad (44)$$

где a — количество раствора трилона Б, введенного в титруемую пробу, мл; a_1 — количество раствора ацетата цинка, пошедшего на оттитрование избытка трилона Б, мл; M — молярность трилона Б; M_1 — молярность ацетата цинка; V — общий объем вытяжки; W — объем вытяжки, взятый для титрования; 27 — атомный вес алюминия; 1,894 — пересчет коэффициента алюминия в Al_2O_3; p — навеска грунта, г.

Результаты анализа соляно-кислой вытяжки выражают в двух формах: окисной — $CaO, MgO, SO_3, CO_2, R_2O_3, Re_2O_3, Al_2O_3$ и солевой (гипотетический состав) — $CaCO_3, MgCO_3, CaSO_4, 2H_2O$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ (УДЕЛЬНОГО ВЕСА) ЧАСТИЦ ГРУНТОВ

1. Для образцов, содержащих более 1% гипса, целесообразно вместо кипячения суспензии применять вакуумирование с помощью вакуумного сушильного шкафа ВШ-0,035А.

2. Пикнометр с навеской заливают примерно на 1/3 емкости дистиллированной водой, суспензия взбалтывается, приставшие к стенкам частицы грунта смываются в пикнометр с помощью пипетки. Уровень воды над поверхностью навески принимается примерно 1,5—2 см.

3. Затем пикнометры устанавливают на полку рабочей камеры, вместе с ними ставится колба с дистиллированной водой, используемой для заполнения пикнометра и капилляра. Закрывается крышка камеры с помощью четырех винтов, которые во избежание перекосов крышки завинчивают равномерно и поочередно равным числом оборотов винта. Для герметизации винты завинчиваются до упора. Игольчатый кран, расположенный в центре крышки, закрывается.

4. Включается вакуумный насос, создается разряжение в камере до показания стрелочного вакуумметра 0,9, т.е. остаточного давления 9 мм рт. столба.

5. Вакуумный насос отключают, пробы выдерживаются при таком разряжении в течение 2 ч, и все это время поддерживается заданное разряжение. Быстрый спад разряжения свидетельствует о плохой герметизации крышки камеры, игольчатого крана или недостаточном количестве масла в вакуумном насосе.

6. По истечении 2 ч при остановленном вакуумном насосе открывается игольчатый кран, через который с шипением входит воздух в рабочую камеру, стрелка вакуумметра при этом плавно опускается в исходное положение. Отвинчивают четыре винта в порядке, обратном закрыванию, и открывают крышку шкафа. Пикнометр не требуется.

7. Дальнейший ход анализа по ГОСТ 5181—78.

gost.e-ecolog.ru