

85
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА
МИНИСТРОВ РСФСР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ РСФСР)
РОСГЛАВНИИСТРОЙПРОЕКТ

РУКОВОДСТВО

по исследованию грунтов с повышенным содержанием
органических веществ

ВНМД-02-72
Росглавниистройпроект

Утверждено
Главным Управлением научно-исследовательских
и проектно-конструкторских организаций и
планирования проектно-изыскательских
работ Госстроя РСФСР

"13" апреля 1972 г.

Москва - 1972

Настоящее Руководство составлено на основании анализа и обобщения опыта исследования грунтов с повышенным содержанием органики в различных научно-исследовательских институтах и организациях, занимающихся изучением этих грунтов с точки зрения использования их в качестве оснований сооружений. (Калининский политехнический институт, ЦНИИС, НИИ оснований и подземных сооружений, ПНИИС и др.).

Руководство разработано отделом нормативно-методологических работ ЦТИСИЗ для унификации методики проведения исследований грунтов с повышенным содержанием органики в трестах инженерно-строительных изысканий, а также единообразной интерпретации проведенных исследований.

В Руководстве описаны наиболее характерные типы грунтов с повышенным содержанием органических веществ — торф, сапропели, илы, и не рассмотрены заторфованные грунты с учетом того, что сильно заторфованные грунты по своим свойствам приближаются к торфам, слабо заторфованные — к минеральным грунтам.

Руководство составили Т.А. Кудинова и А.В. Дмитриевская. При составлении были использованы консультации канд. геол.-минерал. наук Е.Ф. Мосьякова (Союзводоканалпроект) и доктора техн. наук Л.С. Амаряна (Калининский политехнический институт).

Отдел подсобных производств ЦТИСИЗ

Л-53340 подписано к печати 12/У-1972 г.
Объем 5,5 п.л. Цена 40 коп. Тир. 300 Зак. 182

1. Характеристика генезиса, состава и основных физико-механических свойств грунтов с повышенным содержанием органических веществ

Наиболее распространенные грунты с повышенным содержанием органических веществ — торф, илы, сапропели.

Т о р ф — это горная порода органогенного происхождения, образовавшаяся в результате накопления и разложения органических остатков, главным образом растительных, в болотах и на заболоченных участках, содержащая примеси песчано-глинистого материала. Он является основным генетическим типом болотных отложений [23]. По строительным нормам и правилам (глава СНиП II-Б.1-82 "Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования") торфом называют грунты, содержащие более 80% растительных остатков.

По внешнему виду торф представляет собой волокнистую (при слабой степени разложения) или аморфную (при высокой степени разложения) массу светлобурого, коричневого или землисто-черного цвета различных оттенков. В зависимости от условий образования торф подразделяют на три типа: верховой, низинный, переходной. При инженерно-геологической оценке торфа важно знать, к какому типу он принадлежит, так как от условий образования зависят его состав и свойства.

Торф верхового типа образуется в условиях обводнения слабоминерализованными водами, в которых преобладают атмосферные, при этом отлагается слабоминерализованный (малозольный) торф. Торфяники этого типа формируются на возвышенных элементах рельефа (водоразделы, надпойменные террасы). Главным торфообразователем в них является мох-сфагнум.

Торф низинного типа образуется на пониженных участках рельефа (пойменные террасы, аллювиальные равнины). Основным источником питания торфяников этого типа являются поверхностные воды: речные, озерные или морские, иногда грунтовые, часто с повышенной минерализацией. Низинный торф образуется при разложении травянистых растений (тростник, камыш и др.), зеленых гипновых мхов, а также кустарниковой и древесной растительности. Этот торф содержит значительное количество минеральных примесей и обладает повышенной или высокой зольностью.

Торф переходного типа формируется в основании склонов вследствие избыточного увлажнения рыхлых отложений подземными и атмосферными водами. Торф этого типа обладает средней зольностью и образуется при разложении мхов, травяной, кустарниковой и древесной растительности.

Типы торфов подразделяют на подтипы: лесной, лесотопяной, топяной.

В зависимости от ботанического состава различают виды торфов, которые носят название по основным растениям-торфообразователям: сфагновые, тростниково-вые, древесные и др. Классификация торфов приведена в прилож. 1. Ботанический состав торфов сильно влияет на дисперсный и химический составы торфа, от которых в свою очередь зависят их основные физико-механические свойства.

По гранулометрическому составу торф является сложной полидисперсной системой, отличающейся многообразием размеров, форм и материалов частиц. Размер частиц в торфе колеблется от крупных (более 2 мм) до коллоидных.

Твердая фаза торфа состоит из растительных остатков разной степени гумификации, гумуса (хорошо или полностью разложившейся органики) и минеральных веществ. От соотношения этих компонентов зависят физико-механические свойства торфов, поэтому при их

инженерно-строительной характеристике, кроме ботанического состава, необходимо знать степень разложения растительных остатков и зольность, характеризующую содержание в нем минеральных веществ.

В зависимости от степени разложения, зольности и уплотненности торфы могут иметь устойчивую и неустойчивую консистенцию. Торф устойчивой консистенции можно вырезать, он не расплывается, не выдавливается из-под нагрузки, деформации его возможны только за счет сжатия. Торф неустойчивой консистенции расплывается и легко выжимается из-под нагрузки.

Для торфов характерна высокая естественная влажность (она колеблется в пределах 80-300, а может достигать и тысячи процентов), высокая пористость (коэффициент пористости измеряется единицами). Удельный вес торфов, как правило, колеблется в пределах 1,4-1,8 г/см³. Торф относится к сильносжимаемым грунтам. Прочностные характеристики торфов низкие, но с повышением степени разложения и зольности они резко возрастают. Например, при увеличении зольности с 12 до 36% в торфе низинного типа коэффициент внутреннего трения увеличивается от 0,18 до 0,45, а сцепление от 0,10 до 0,60 кг/см² [23].

Торфы отличаются большой неоднородностью. Чтобы охарактеризовать толщину торфяных грунтов необходимо произвести большое количество полевых испытаний и затем обработать их методами математической статистики.

В Калининском политехническом институте (Л.А. Амарян) проводились систематические исследования прочностных свойств торфов при помощи зондового сдвигомера СК-8. Одновременно отбирались образцы торфов для определения влажности, степени разложения, зольности, геоботанических характеристик, учитывался их генезис. Осредненные показатели физико-механических свойств торфяной залежи приведены в прилож. 2.

Большая работа по исследованию болотных отложе-

ний (торфов и сапропелей) проделана Л. Кузнецовой (ЦНИИС). Классификация болотных грунтов, составленная ею, приведена в прилож. 3.

Илы – глинистые грунты в начальной стадии своего формирования, образовавшиеся как структурный осадок в воде при наличии микробиологических процессов и обладающие в природном сложении влажностью, превышающей влажность на границе текучести и коэффициентом пористости $\xi > 1$ для супесей и суглинков и $\xi > 1,5$ для глин (СНиП II-Б.1-62). Количество органических остатков в илах колеблется от 2 до 10% и уменьшается с глубиной.

Илы образуются главным образом в результате накопления мелко- и тонкодисперсного материала механическим или химическим путем на дне морей, лиманов, озер, болот, в поймах рек, в связи с чем их подразделяют на морские, лиманно-морские, озерные, болотные, аллювиальные.

Химический и дисперсный составы илов тесно связаны с их условиями образования. По химическому составу илы характеризуются различной степенью засоленности: илы лиманно-морского и морского происхождения засолены, аллювиальные не засолены. В засушливых районах в илах содержатся водорастворимые соли, среди глубоководных распространены известковистые илы.

Отличительной особенностью илов является их неодушительность в природном залегании и способность восстанавливать свое состояние и прочность структурных связей после механического воздействия на них, т.е. для них характерно явление тиксотропии.

По гранулометрическому составу илы в зависимости от преобладания той или иной фракции подразделяют на глинистые, суглинистые и супесчаные.

Для илов характерна повышенная влажность, как правило, она колеблется в пределах 90-100, а иногда и выше. С глубиной влажность значительно уменьшается.

При такой высокой влажности илы в природе находятся в текучем или скрытотекучем состоянии. При диагенетических изменениях илы теряют значительное количество влаги и из явно текучего состояния переходят в скрытотекучее, при этом происходит упрочнение структурных связей. Характеристики сопротивления сдвигу илов чрезвычайно малы и их, как правило, не разделяют на сцепление и трение.

При изучении инженерно-геологических свойств илов на ранних стадиях проектирования могут быть использованы строительные классификации морских илов (прилож. 4), разработанные Г.В. Сорокиной (НИИ оснований и подземных сооружений). На основании большого материала было установлено наличие корреляционных связей между физическими и механическими характеристиками.

В прилож. 5 даны деформативные характеристики илов с учетом коэффициента пористости и консистенции. Модуль деформации илов определен в компрессионных приборах, а для илов с коэффициентом пористости выше 1,6 – уточнен на основании исследований в полевых условиях штампом.

Сапропели (или пресноводные илы) – современные озерные отложения с содержанием органических веществ более 10-15%. В зависимости от содержания органического вещества выделяют следующие типы сапропелей:

Количество органического вещества в %	Типы сапропелей
70-80	Органические (малозольные)
50-70	Минерально-органические (среднезольные)
30-50	Органо-минеральные (повышеннозольные)
10-30	Минерализованные (высокозольные)

Сапропели образуются из остатков растений и планктонных организмов в условиях недостаточного доступа или полного отсутствия кислорода в восстановительной среде. В климатическом отношении наиболее благоприятной для сапропеленакопления является лесная зона. Наиболее мощные отложения сапропелей приурочены к распространению зарастающих озер и торфяников на аккумулятивных равнинах и по долинам больших рек.

По гранулометрическому составу сапропели относят к группе пылеватых пород.

Для сапропелей характерна высокая влажность (она колеблется в пределах от 100 до 3000%) и очень высокая пористость. Их можно отнести к водонасыщенным грунтам слабой степени уплотнения и литификации, с низкими показателями деформативных и прочностных характеристик. Для сапропелей, также как и для илов, характерно явление тиксотропии.

В прилож. 6 приведены инженерно-геологические особенности сапропелей, составленные И.Я. Рубинштейном (ГНИИИС). Важнейшим показателем, влияющим на свойства сапропелей, является количество в них органического вещества. С повышением зольности и уменьшением количества органики возрастает сопротивление сдвигу и значительно уменьшается пористость и сжимаемость.

2. Полевые методы исследования грунтов с повышенным содержанием органических веществ

В настоящее время для изучения свойств грунтов в их естественном залегании широко применяют полевые методы исследования. При изучении свойств грунтов с повышенным содержанием органики, служащих основанием сооружений, полевые методы приобретают особое значение в связи с тем, что, как правило, указанные грунты трудно отобрать, не нарушив их структуры, а торфя-

ные грунты крайне неоднородны и по лабораторным данным трудно охарактеризовать весь слой.

Грунты с повышенным содержанием органики (повышенная влажность, низкие показатели прочности, большая сжимаемость) относят к слабым водонасыщенным грунтам. Это следует учитывать при проведении полевых методов исследования.

Полевые методы, применяемые при исследовании слабых водонасыщенных грунтов, следующие: испытания статическими нагрузками (штампом), статическое зондирование, испытания прессиометром, вращательный срез.

При проведении испытаний грунтов с повышенным содержанием органики статическими нагрузками (штампом) также как и для минеральных грунтов следует руководствоваться инструкцией РСН-34-70, утвержденной Госстроем РСФСР, и ГОСТом 12374-66. При этом следует учитывать ряд особенностей. При проведении испытаний штампом на слабые водонасыщенные, сильносжимаемые грунты в зависимости от консистенции V и коэффициента пористости ϵ рекомендуется давать следующие ступени нагрузок (в $\text{кг}/\text{см}^2$):

	$V > 0,75$	$0,25 \leq V \leq 0,75$	$V < 0,75$
$0,5 \leq \epsilon \leq 0,8$	0,25	0,5	1
$\epsilon > 0,8$	0,25	0,5	0,5

Минимальный размер штампа для слабых грунтов в шурфах составляет 10000 см^2 . Большой размер штампа обусловлен необходимостью уменьшения выпора слабого грунта из-под штампа и исследования крайне неоднородных торфяных грунтов.

Для сокращения сроков стабилизации осадок штампа во времени на переувлажненных, сильносжимаемых грунтах необходимо обеспечить дренирование основания штампа. Для этого нужно просверлить в штампе по сетке отверстия диаметром 0,25 мм, в основании штампа в шурфе устроить тщательно выровненную песчаную подсыпку толщиной 0,5-1,5 см.

В связи с тем, что открытие шурфов в слабых водонасыщенных грунтах связано с трудоемкими работами по укреплению стенок шурфа, для изучения деформационных свойств этих грунтов Л.С. Амарян предложил плоскостной компрессиометр, с помощью которого можно проводить штамповые испытания без открытия шурфов и пробуривания скважин.

Компрессиометр (рис. 1) задавливается специальным устройством на нужную глубину и на этой глубине раскрываются прямоугольные лопасти в виде штампа. Площадь штампов различна: 100, 200, 400 и 600 см².

Статическое зондирование для грунтов с повышенным содержанием органики следует проводить согласно инструкции РСН-33-70 Госстроя РСФСР. Кроме установок, указанных в РСН-33-70, для зондирования торфяных грунтов можно применять пенетрометр П-4 конструкции Амаряна. Штанги прибора П-4 унифицированы со штангами сдвигомера-хрыльчатка и СК-8. Определение сопротивления вдавлению пенетрометра осуществляется путем его внедрения на требуемую глубину с фиксацией максимального усилия по деформации пружины, предварительно протарированной. Подробно методика испытаний пенетрометром изложена в инструкции, прилагаемой к прибору.

При проведении испытаний компрессиометром в слабых водонасыщенных грунтах текучей и мягкопластичной консистенции применяют медленное нагружение. При испытаниях по схеме медленного нагружения величину деформации пород от каждой ступени нагрузки фиксируют через 1 мин до наступления условной стабилизации. Испытания грунтов компрессиометром проводят согласно "Методическим Рекомендациям по определению деформационных и прочностных свойств глинистых пород методом компрессиометрии", (Министерство геологии СССР, 1971 г.).

Для торфяных грунтов, характеризующихся анизотропностью, применение метода компрессиометрии не рекомендуется.

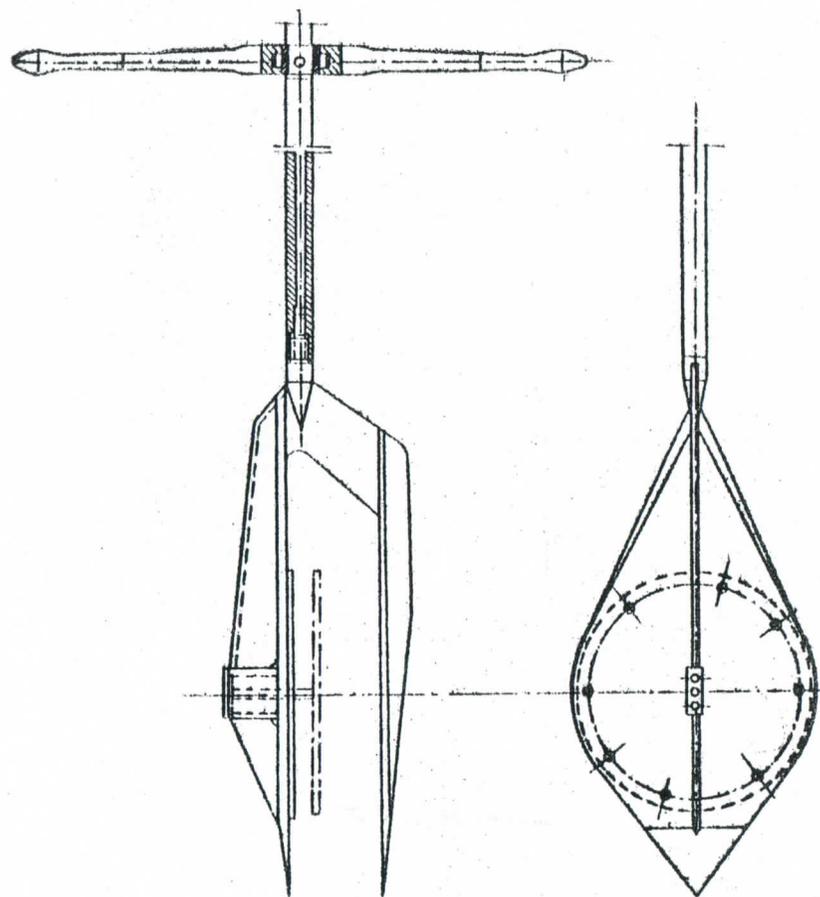


Рис. 1 Компрессиометр полевой для слабых грунтов

Рис. 1. Компрессиометр полевой для слабых грунтов

Для получения прочностных характеристик слабых сильносжимаемых грунтов, к которым относятся большинство грунтов с повышенным содержанием органики, наиболее приемлемым является метод вращательного среза. В процессе испытаний грунтов методом вращательного среза определяют максимальный момент сопротивления грунта $M_{\text{макс}}$, необходимый для поворота в грунте крыльчатки или комбинированного конического наконечника с крыльками. На основе простейших представлений о равенстве максимального момента $M_{\text{макс}}$ произведению удельного сопротивления вращательному срезу τ на статический момент поверхности среза K_{τ} определяют величину сопротивления сдвигу:

$$\tau = \frac{M_{\text{макс}}}{K_{\tau}}$$

При высоте погружения h меньше высоты наконечника $h_{\text{нак}}$ константа равна:

$$K_{\tau} = \frac{\pi D^2}{2} \left(\frac{D}{6} + h \right) \text{см}^3.$$

Если глубина погружения наконечника больше его высоты $h > h_{\text{нак}}$, то константа K_{τ} будет равна:

$$K_{\tau} = \frac{\pi D^2}{2} \left(\frac{D}{3} + h \right) \text{см}^3.$$

Таким образом, общая формула для расчета сопротивления сдвигу τ при помощи четырехлопастной крыльчатки имеет вид:

$$\tau = \frac{M_{\text{макс}}}{K_{\tau}} = \frac{M_{\text{макс}}}{\frac{\pi D^2}{2} \left(\frac{D}{\alpha} + h \right)},$$

где α — постоянный параметр, принимаемый равным 3 и 6 соответственно при сдвиге на дне скважины или поверхности грунта и в его толще;

D — диаметр крыльчатки в см;

h — высота крыльчатки в см;

В целях контроля за качеством испытаний методом вращательного среза рекомендуется применять, как минимум, не менее двух подобных комбинированных наконечников с величинами констант K_{τ_1} и K_{τ_2} , отличающихся хотя бы в два раза.

Результаты серии испытаний грунтов различными наконечниками изображают в координатах "моменты вращательного среза $M_{\text{макс}}$ — константы наконечников K_{τ} ". Инвариантность удельного сопротивления вращательному срезу считается совершенной, если результаты испытаний на вращательный срез при различных величинах констант K_{τ} изображаются в координатах $M_{\text{макс}} - K_{\tau}$ в виде прямой, проходящей вблизи начала координат.

Графически удельное сопротивление вращательному срезу изображается тангенсом угла наклона осредняющей прямой к оси ординат и поэтому в общем случае рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{M_1 - M_2}{K_{\tau_1} - K_{\tau_2}},$$

где $M_1, K_{\tau_1}, M_2, K_{\tau_2}$ — координаты двух любых точек, расположенных на прямой.

Выбор параметров для определения сопротивления сдвигу слабых водонасыщенных грунтов не имеет большого влияния на получаемые результаты, так как ил, торф, сапропель могут быть отнесены к квазизотропным системам и соотношение размеров крыльчатки по высоте и диаметру не имеет существенного значения.

Ввиду того, что в слабых водонасыщенных глинистых грунтах угол внутреннего трения близок к нулевому значению и прочностные свойства обусловлены структурным сцеплением, при испытании таких грунтов определяемое сопротивление сдвигу вращательным срезом τ может быть отождествлено со сцеплением C , т.е. $\tau = C$.

В настоящее время предложен ряд конструкций крыльчаток. Для определения сопротивления сдвигу торфяных и заиленных грунтов можно рекомендовать зондовый сдвигомер крыльчатку СК-8 (Калининский политехнический институт), (рис. 2). Отличительной особенностью этого прибора является портативность, легкий вес, достаточная точность. Широко распространена крыльчатка, изготавливаемая экспериментальным заводом ЦНИИС.

8. Отбор монолитов из грунтов с повышенным содержанием органики

При отборе монолитов из грунтов с повышенным содержанием органики следует учитывать следующие пункты "Рекомендаций по отбору, упаковке, транспортированию и хранению образцов грунтов при инженерно-геологических изысканиях для строительства", (ПНИИС, 1970 г.):

п. 5.18 - при отборе монолитов из недоуплотненных илистых грунтов следует применять грунтоносы, погружение которых в грунт осуществляется способом медленного вдавливания;

п. 5.20 - для мягкопластичных грунтов используют грунтоносы, оборудованные затворными устройствами типа ЛенГРИИ, ЦТИСИВ и др. (рис. 3);

п. 5.21 - при бурении скважин с целью отбора образцов грунта для определения объемного веса, деформационных и прочностных свойств илов, заторфованных глинистых грунтов и торфов, а также глин с коэффициентом пористости $> 1,1$, суглинков > 1 , супесей $> 0,7$. При показателе консистенции глинистых грунтов $B > 1$ применение забивных и вибропогружных грунтоносов не допускается.

При отборе торфяных грунтов применяют бур конструкции Кузнецовой (ЦНИИС, рис. 4), в котором торец пробоотборника сделан зубчатым для перерезания волокон торфа. Широко применяют пробоотборник конструкции треста Геолторфразведка (рис. 5).

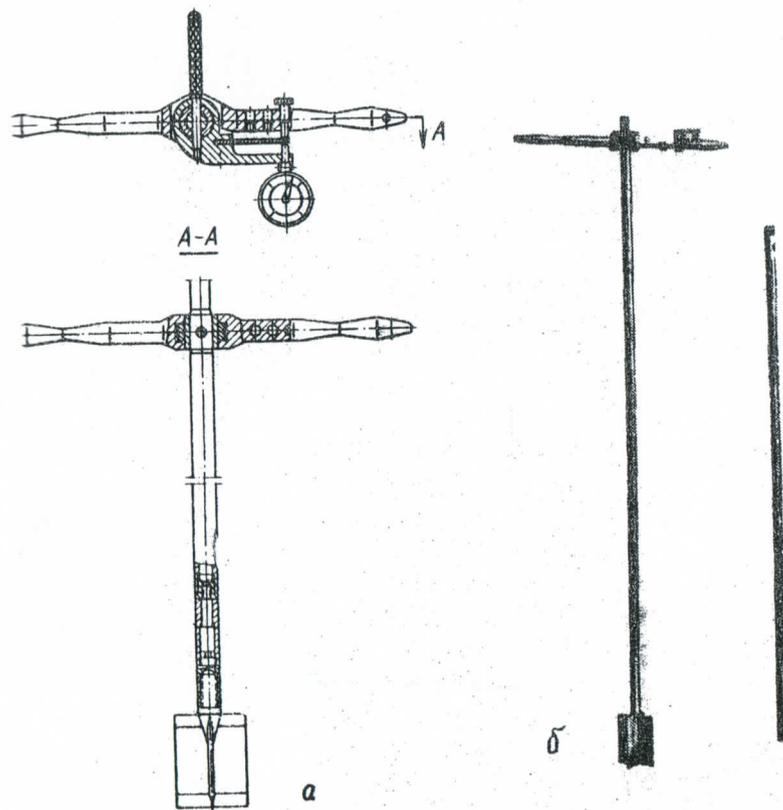


Рис. 2. Сдвигомер-крыльчатка СК-8
а - конструкция, б - общий вид

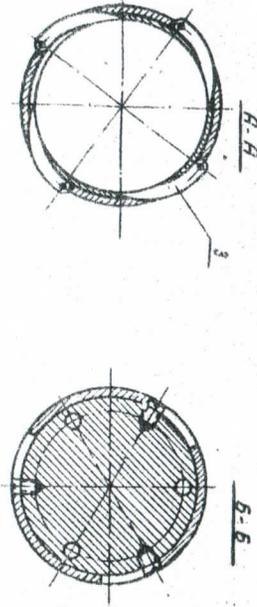


Рис. 3. Грунтонос конструкции Кумнова для взятия монолитов илов и других глинистых грунтов мягкопластичной и скрытотекучей консистенции

1 - башмак; 2 - направляющая; 3 - резцы; 4 - нижний стакан; 5 - гильза; 6 - верхний стакан; 7 - диафрагма; 8 - головка с конусным переходом

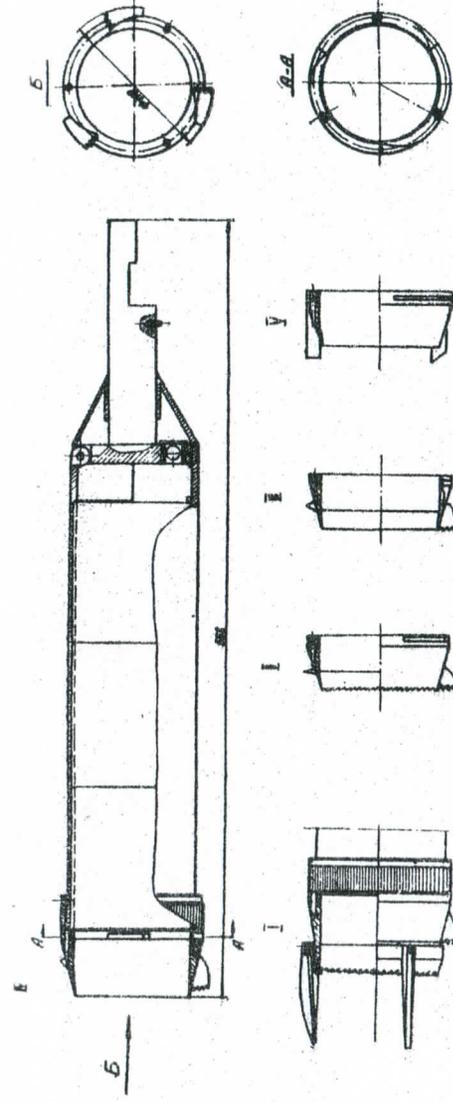
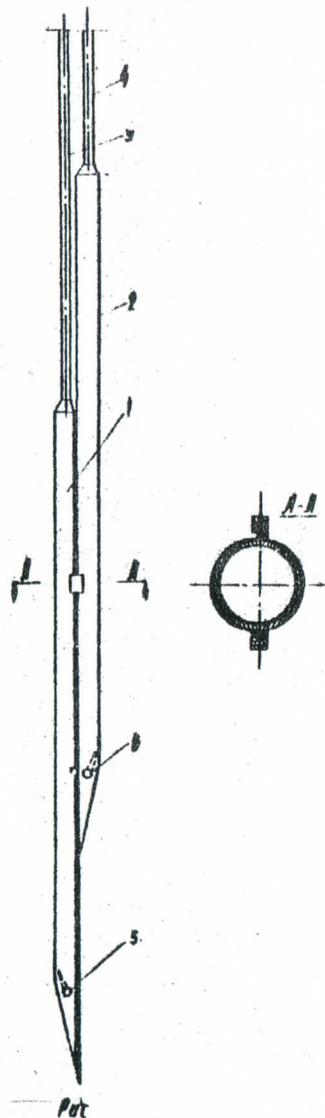


Рис. 4. Универсальный грунтонос конструкции ЦНИИСа для отбора монолитов торфов и других болотных отложений со сменными коронками

1 - для слаборазложившихся торфов; II - для хорошо разложившихся торфов; Ш и IV - для минерализованных торфов и пластичных грунтов; V - для сапропелей и илов



Пробоотборник треста Геолторфразведка

Рис. 5. Пробоотборник треста Геолторфразведка

Для отбора илов текучей и текучепластичной консистенции можно рекомендовать вакуумный грунтонос конструкции Потапова (Новгородское отделение ЛенТИСИЗа).

4. Лабораторные методы исследования грунтов с повышенным содержанием органических веществ

Специфические особенности грунтов с повышенным содержанием органических веществ — наличие органики, переувлажненность, недоуплотненность, слабые структурные связи, сильная сжимаемость, явление тиксотропии (для илов и сапропелей) и др. — должны быть учтены в методиках определения гранулометрического состава и основных физико-механических свойств этих грунтов. Кроме того, для торфов важными показателями являются степень разложения и зольность. При строительстве водоемов, на дне которых залегают торфы иногда нужно знать всплываемость торфа. В связи с этим в данном разделе рассмотрены методики определения степени разложения, зольности, ботанического состава и всплываемости, а также некоторые особенности в методиках определения гранулометрического состава и основных физико-механических свойств грунтов с повышенным содержанием органических веществ.

Зольность торфа — это весовое отношение количества золы, оставшееся от сжигания торфа, отнесенное к весу сухой навески, выраженное в процентах. Различают два вида зольности: зольность конституционную (собственную), которую получают в результате сгорания минеральной части растений торфообразователей, и зольность наносную (вторичную), образующуюся в результате приноса в торф минеральных частиц водой извне. Обычно определяют суммарную зольность в соответствии с ГОСТом 11306-85.

Сущность ускоренного метода определения зольнос-

ти (согласно ГОСТу 7302-61) заключается в следующем. Из лабораторной пробы торфа с максимальным размером частиц 2-3 мм в предварительно взвешенные тигли берут навески 3-5 г, закрывают крышками и ставят в раскаленный муфель (800 ± 25°C). Через 15 мин крышки на тиглях снимают и после этого при той же температуре ведут прокаливание навесок в течение 1 часа. По окончании озоления тигли вынимают из муфеля и охлаждают в течение 20-25 мин сначала на асбесте около муфеля, а затем в эксикаторе. Охлажденные тигли с золой взвешивают. Все взвешивания производят на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Параллельного определения и контрольного прокаливания не делают.

Зольность лабораторной пробы торфа A^n вычисляют в процентах по формуле

$$A^n = \frac{G_1 \cdot 100}{G}$$

где G_1 - зольный остаток в г;

G - навеска в г.

Так как по мере высыхания торфа его вес уменьшается, а количество золы при этом остается постоянным, то величина зольности, выражаемая в процентах к навеске разной влажности, будет неодинаковой.

Для практических целей зольность обычно выражают в процентах по отношению к сухому веществу торфа:

$$A_c = A^n = \frac{100}{100 - W_n}$$

где W_n - влажность торфа в процентах лабораторной пробы.

Степень разложения торфа представляет собой отношение количества разложившейся части торфа (гумуса) ко всей массе торфа. По степени и разложения торф (при оценке его в качестве основания) характеризуют [18] следующим образом:

Торф

Степень разложения в %

Слаборазложившийся	до 20
Среднеразложившийся	20-45
Сильноразложившийся	свыше 45

Степень разложения торфа определяют методом центрифугирования согласно ГОСТу 10650-65. Сущность метода заключается в отделении гумуса торфа от волокон в водной среде центрифугированием.

В лабораторных условиях определение степени разложения удобно и просто производить весовым методом. Берут пробу торфа весом 50 г и делят ее на две части по 25 г. Одну из них высушивают в термостате при температуре 105°C и взвешивают с точностью до второго знака. Вторую часть образца торфа отмучивают водой на сите с отверстиями 0,1-0,25 мм для отделения гумусовой массы, отмучивание производят до тех пор пока не будет вытекать прозрачная вода. Оставшиеся в сите промытые растительные остатки высушивают в термостате до абсолютно сухого состояния при температуре 105°C и взвешивают.

Степень разложения рассчитывают по формуле

$$R = 100 - \frac{a \cdot 100}{b}$$

где R - степень разложения;

a - вес абсолютно сухого волокна из отмученной навески в г;

b - вес абсолютно сухого торфа неотмученной половины в г.

Кроме лабораторных определений, существуют полевые методы определения степени разложения торфа. Они просты, но дают приближенные результаты.

В связи с различными результатами, получаемыми при определении степени разложения торфа, следует указывать, каким методом проводилось определение.

При полевом глазомерно-процентном методе определения степени разложения на глаз определяют количество растительных остатков и минеральной части. Для этого берут определенную площадь торфа и определяют, какой процент выданной площади занят сохранившим и структуру растительными остатками и разложившимся веществом. Эту операцию производят быстро, пока торф не успел потемнеть от окисления на воздухе. При этом применяют следующую классификацию:

торф очень хорошо разложившийся (группа А)	60-85%
торф хорошо разложившийся (группа АВ)	40-60%
торф довольно хорошо разложившийся (группа В)	25-40%
торф малоразложившийся (группа ВС)	10-25%
торф почти неразложившийся (группа С)	0,1-10%

К группе А относят торф, состоящий почти исключительно из разложившейся вполне гумифицированной массы. Масса не вытекает, проходит между пальцами как ступень, рука остается коричневой с самым малым количеством оформленных неразложившихся остатков. Масса пригодна как строительный материал для отсыпки дамб и как противофильтрационный материал.

К группе АВ относят торф, в котором имеется большое количество неразложившихся остатков растительных торфообразователей. При сжатии такой массы в руке вода выжимается в малом количестве, окрашенная в темновобурый цвет, сквозь пальцы проходит большое количество аморфной массы.

Определение степени разложения торфа полевым методом основывается на ряде признаков, которые проявляются в торфе при его сжатии в руке или которые легко заметить при рассмотривании торфа простым глазом. К этим признакам относят: цвет торфа, сохранность растительных остатков, количество отжимаемой воды, ее цвет и упругие свойства торфа (или растираемость в руках).

Степень разложения торфа определяют по таблице, приведенной в прилож. 7.

Ботанический состав торфа определяют с целью установления вида торфообразователей, входящих в исследуемый тип торфа. Вначале определяют степень засоренности торфа минеральными наносами. Для этого в стеклянный кристаллизатор, заполненный водой, кладут торф (10-15 г), тщательно его перемешивают стеклянной палочкой. Смесь отстаивается в течение 2-3 мин, после чего воду с волокнами осторожно сливают. По количеству минеральных примесей, остающихся на дне кристаллизатора, судят о степени засоренности торфа. После этого торф промывают через сито под струей воды для отделения гумуса от растительных остатков. При степени разложения торфа до 40% применяют сито с диаметром отверстий 0,25 мм, более 40% - сито с диаметром отверстий 0,1 мм. Торф промывают до прозрачной воды. Промытые волокна торфа пинцетом наносят на предметное стекло микроскопа, разравнивают тонким слоем, добавляют несколько капель воды, и рассматривают под микроскопом при увеличении в 100 раз. Для определения в процентах количественного соотношения между растительными остатками для одной и той же пробы торфа просматривают до 10 полей зрения, определяя в каждом случае наименование встречающихся растений-торфообразователей и процент занимаемой ими площади в поле зрения микроскопа. Затем определяют среднюю величину из всех просмотренных и округляют до 5%. Вид торфа устанавливают по содержанию основных растений-торфообразователей, количество которых в данном образце превышало 15%, причем на первое место ставят торфообразователь, содержащийся в меньшем количестве.

С явлением всплывания затопленного торфа на поверхность водоемов связано много аварий. При всплывании торфа происходит процесс разложения под водой, сопровождающийся выделением газа. Мельчай-

шие пузырьки газа, накапливаясь в поровом пространстве, уменьшают объемный вес и нарушают структуру торфа. Накопление газа в торфе происходит постепенно. Экспериментальными наблюдениями удалось установить наличие тесной связи между средними суточными температурами воздуха и количеством выделившегося газа.

Торфяная залежь в зависимости от ее вида и стратиграфического строения всплывает в определенные сроки, отвечающие сумме положительных температур воздуха за предшествующий период. Этот принцип положен в основу методики составления прогноза всплывания торфяной залежи. Располагая сведениями о сумме положительных температур, необходимых для всплывания того или иного вида торфяной залежи, и сумме положительных температур за год по метеостанции, рассчитывают количество лет, которое потребуется для всплывания торфа.

Сроки всплывания торфа находят по формуле

$$N = \frac{\sum T}{\sum t},$$

где N — число лет, необходимое для всплывания торфа, с момента затопления торфяного месторождения;

$\sum T$ — сумма положительных среднесуточных температур воздуха, необходимая для всплывания торфяной залежи;

$\sum t$ — сумма среднесуточных температур воздуха благоприятного периода (май, июнь, июль, август, сентябрь) за один год.

В прилож. 8 приведена таблица основных показателей всплывания торфа в крупных водохранилищах территории СССР, составленная Горьковским отделением института Гипроторфразведка [12].

Гранулометрический состав грунтов с повышенным содержанием органики. Для определе

ни крутых частиц грунтов с повышенным содержанием органики (диаметром 0,1) применяют ситовой анализ, средних (0,1–0,005) — седиментационный или пипеточный и для определения тонкодисперсной фракции (<0,005) — электронно-микроскопический метод.

Наличие органики, а также значительная засоленность некоторых илистых грунтов способствуют агрегированию частиц в процессе оседания, в связи с чем при определении гранулометрического анализа для таких грунтов применяют малую концентрацию суспензии, при этом особенно тщательно следует отобрать среднюю пробу. Обычно применяют следующие навески: для торфов со степенью разложения 10–20% — 6–8 г, для торфов со степенью разложения 30–40% — 4–5 г, и для хорошо разложившихся торфов, а также илов и сапропелей — 2–3 г. Определение гранулометрического состава проводят на образцах природной влажности, так как в пересушенных образцах благодаря наличию гумусированных частиц увеличивается коагуляция тонкодисперсной фракции.

Методы подготовки грунта к анализу применяют различные, они должны соответствовать тем задачам, которые ставятся перед исследователями. По методам подготовки различают микроагрегатный и дисперсный анализы.

Микроагрегатный анализ в основном проводят при инженерно-геологических изысканиях, когда грунт служит основанием для сооружений. При этом анализе сохраняется природная дисперсность грунтов, т.е. происходит разрушение только ложных агрегатов, истинные агрегаты, образующиеся в результате достаточно прочных связей, при этом не разрушаются.

Анализ проводят следующим образом. Отобранную среднюю пробу грунта природной влажности разбавляют в дистиллированной воде в колбе на 250 мл (приблизительно 1/3 ее объема) без введения пептизирующих добавок и оставляют ее на 24 ч.

Одновременно отбирают образцы на определение естественной влажности. Полученную суспензию переносят через сито с диаметром отверстий 0,1 мм с промывкой до 1 л в стеклянный цилиндр. Пробы из полученной суспензии отбирают пипеткой по общепринятой методике [20]. Естественная влажность нужна для подсчета абсолютно сухой навески, которую используют при подсчете отдельных фракций.

Для торфяных грунтов применяют непосредственное взвешивание осадка суспензий в цилиндре при помощи прибора седиментометра. Этот метод распространен в практике лабораторных исследований в организациях, занимающихся изучением свойств торфяных грунтов. Схема седиментометра Н.А. Фигуровского представлена на рис. 6. Принцип работы: в цилиндр с суспензией опущена чашечка, подвешенная на конце тонкого кварцевого шпигца, деформация которого происходит под действием веса оседающих на чашечку частиц. Смещение шпигца отмечают по отсчетному микроскопу через положенные промежутки времени.

В последнее время в конструкцию седиментометра внесены некоторые усовершенствования (рис. 7) [11].

Основной частью седиментометра являются аналитические весы, к левому плечу которых подвешена легкая стеклянная чашечка, которую опускают в цилиндр с суспензией. Цилиндр окружен термической изоляцией. Температуру суспензии измеряют термометром. Чашечка уравновешена грузиками на правом плече весов, к которому нитью присоединен конец часовой пружины, заменяющей шпигца. Запись показаний производят по смещению конца стрелки весов, против которой установлен микроскоп с отсчетной шкалой. Для слива суспензии служат сифон.

Дисперсный анализ проводят в тех случаях, когда нужно знать исходную дисперсность грунтов. При подготовке к этому анализу в суспензию вводят химические вещества в виде нитрофосфата натрия или соляной кислоты для растворения органического вещества или солей.

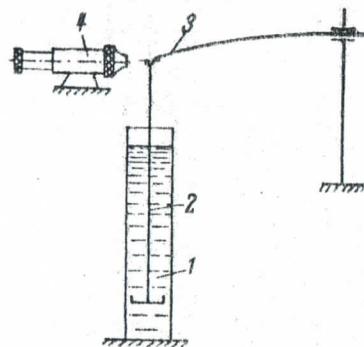


Рис. 6. Схема весового седиментометра Фигуровского

1 - цилиндр; 2 - чашечка; 3 - кварцевый шпигец; 4 - микроскоп

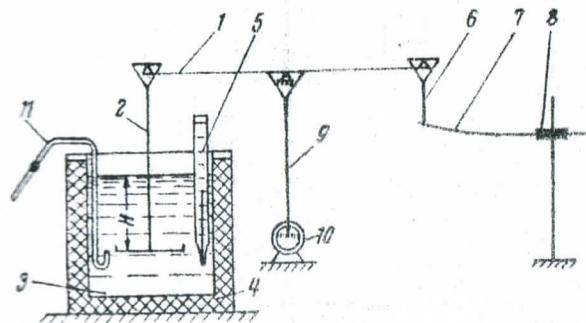


Рис. 7. Схема весового седиментометра для торфяных суспензий

1 - аналитические весы; 2 - стеклянная чашечка; 3 - цилиндр с суспензией; 4 - термическая изоляция; 5 - термометр; 6 - нить; 7 - часовая пружина; 8 - стрелка весов; 9 - микроскоп; 10 - сифон для слива суспензии

Отношение содержания глинистых частиц ($<0,005\text{мм}$) по данным гранулометрического анализа к содержанию этих частиц по данным микроагрегатного анализа представляет собой коэффициент агрегированности. По коэффициенту агрегированности можно судить о характере структурных связей: грунты с коагуляционными структурами (илы) имеют коэффициент агрегированности 1, грунты с пластифицированно-коагуляционными структурами (торф, сапропели) — не больше 2 [5].

Удельный вес грунтов с повышенным содержанием органики определяют в пикнометрах согласно ГОСТу 5181-64.

Удельный вес торфа во избежание его разбрызгивания при кипячении удобнее определять, если вместо пробы воздушно-сухого образца наливать в пикнометр на $1/3$ его объема гидромассу, которую готовят следующим образом: берут произвольную навеску торфа (10-15 г), разбавляют ее в небольшом количестве воды и тщательно перемешивают. Перед заливкой гидромассы в пикнометр ее берут на влажность. Расчет удельного веса производят так: вначале находят вес навески в пикнометр гидромассы. Зная влажность гидромассы, рассчитывают вес сухого вещества торфа. Для определения объема сухого вещества торфа из гидромассы удаляют воздух, как и для воздушно-сухой пробы, кипячением. Зная абсолютно сухой вес торфа и его объем, легко определить его удельный вес по известным формулам.

В воздушно-сухом грунте с большим содержанием органики (особенно у торфов) на поверхности твердых частиц адсорбируется воздух, оболочку которого трудно разрушить даже при кипячении, поэтому вместо воды часто используют какую-либо органическую жидкость (толуол, ксилол и др.). Кипячение можно заменить вакуумированием (колокол или вакуумный шкаф). Во избежание разбрызгивания суспензии (особенно торфяных грунтов) из пикнометра разрежение следует созда-

вать постепенно, регулируя нарастание вакуума краном. Удалить находящийся в торфе воздух можно с помощью вибратора (В.Д. Коленки). В этом случае пикнометр с навеской ставят на площадь вибратора на 10 мин, трехкратно, после этого каждые 10 мин суспензию перемешивают. Затем наливают керосин и ставят на 10-15 мин на водяную баню.

При удалении из грунтов с повышенным содержанием органики воздуха вакуумированием или вибрацией удельный вес вычисляют по известным формулам (Е.Г. Чаповский).

Для определения удельного веса, кроме пикнометрического метода, применяют другие методы. Так, например, в Калининском политехническом институте удельный вес определяют в приборе УВД-2 (рис. 8). Метод основан на передаче образцу высоких давлений и измерении его объема после отжатия из образца воздуха и воды (перевод трехфазной системы в однофазную). Испытание проводят следующим образом: воздушно-сухой образец прессуют в матрице, толщина сжатого образца под давлением измеряется при помощи индикатора. Удельный вес образца при данной влажности определяют по формуле

$$\gamma_w = \frac{4G}{n(D^2 - d^2)h}$$

где G — навеска в г;

D — диаметр матрицы в см;

d — диаметр тонкого стержня в см;

h — толщина образца под давлением в см.

Удельный вес твердой фазы образца за вычетом объема влаги определяют по формуле

$$\gamma_p = \frac{100 - W}{\frac{100}{\rho_w} - \frac{W}{\Delta}}$$

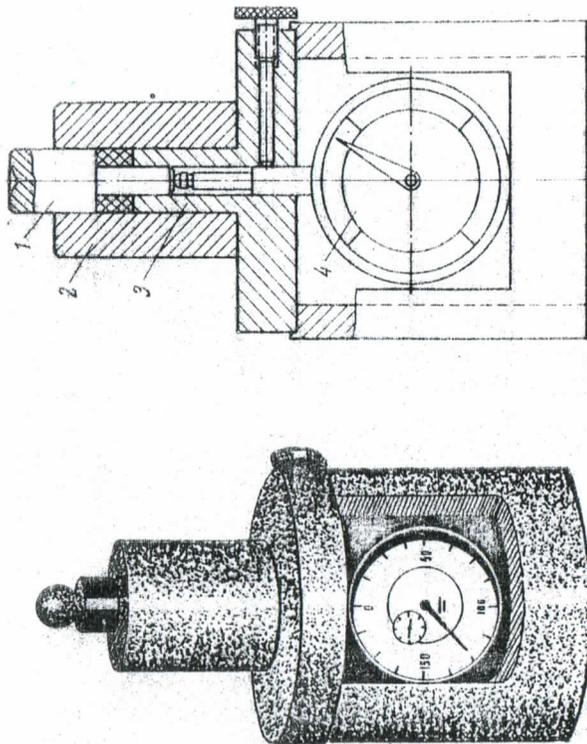


Рис. 8. Конструкция и общий вид прибора для определения удельного веса твердой фазы торфа УВД-3

где Δ - плотность адсорбированной воды - 1 г/см^3 ;
 W - относительная влажность в %.

В результате многократных испытаний установлено, что лучшие результаты получаются при условии, если влажность образца составляет не более 25%, продолжительность прессования не менее 3 мин, давление прессования 5000 кг/см^2 и навеска 1-2 г.

Описанный метод прост, удобен и дает достаточно точные результаты, он исключает ряд недостатков пикнометрического метода (особенно неполный учет пузырьков воздуха) и позволяет снижать трудоемкость и продолжительность опыта в десятки раз.

Определение естественной влажности грунтов с повышенным содержанием органики следует проводить согласно ГОСТам 5180-64 и 11305-65. При этом в сушильном шкафу не следует допускать температуру более 105°C , так как при температуре выше 105° процесс окисления и распад органического вещества в этих грунтах происходит более интенсивно. Время сушки торфа составляет 4-5 ч. Время сушки илов и сапропелей зависит от их дисперсности. Ввиду большой неоднородности торфа производят не менее трех параллельных определений влажности, из которых берут среднее значение.

Для определения естественной влажности торфа Л.С. Амарян предложил метод механического обезвоживания в тонком слое. При этом методе производят отжатие воды из торфа. Свободную и рыхлосвязанную воду отжимают из навески (2 г) под давлением около 300 г/см^2 в течение 2-3 мин. Точность данного метода не превышает допустимые пределы - 1%.

Метод Амаряна рекомендуется для определения влажности торфа, превышающей 300%. В качестве гидравлического пресса удобно использовать автомобильный гидродомкрат с усилием 5 т, который оснащен нижней плитой, двумя стойками и верхней траверсой.

Исходя из соотношения

$$g_1(100 - W_1) = g_2(100 - W_2),$$

определяют влажность

$$W_1 = 100 - \frac{g_2}{g_1} (100 - W_2),$$

где g_1 — вес исходной навески в г;

W_1 — относительная влажность исходной навески в %;

g_2 — вес обезвоженной массы в г;

W_2 — относительная влажность обезвоженной массы в %.

Этот метод занимает мало времени и достаточно точен.

Объемный вес. Существует несколько методов определения объемного веса грунтов. Наиболее распространены методы режущих колец и гидростатического взвешивания (ГОСТ-38 5182-64).

Для малоразложившихся торфов метод режущих колец дает большие расхождения из-за наличия большого количества волокнистой массы и трудности обработки образцов обычным ножом. Применение метода режущих колец допустимо при степени разложения торфа более 30%. В Калининском политехническом институте для отбора образцов из монолита торфа используют зубчатый тонкостенный пробоотборник, который состоит из двух тонкостенных цилиндров, вставленных друг в друга. Оба цилиндра имеют с одной стороны зубья треугольной формы, а с другой утолщения для их поворота (рис. 9). Для отбора колец из монолитов слабых, заиленных грунтов удобно применять механическую пилу, разработанную ЛенГИСИЗ.

В практике лабораторных исследований торфяных грунтов при определении объемного веса распространен волюмометрический метод. Сущность его заключается в определении объема образца известного веса в жидкой среде. Волюмометр системы Инсторфа (рис.10) представляет собой стеклянный сосуд объемом около

200 см², диаметром 3,5 см с сообщающейся с ним трубкой диаметром 0,5 см. Трубка снабжена миллиметровой шкалой. Прибор предварительно градуируют, чтобы каждому делению шкалы соответствовал определенный объем воды. Для этого в трубку наливают немного воды, отмечают по шкале начальное нулевое деление и взвешивают на технических весах. Затем добавляют воды, чтобы уровень поднялся на 5 см и снова взвешивают, проводят эту операцию пока не будет исчерпана вся шкала. Зная удельный вес воды, находят объем воды на каждое деление шкалы. Испытание проводят следующим образом: предварительно взвешенный образец торфа помещают в сетку и вместе с ней опускают в сосуд с керосином (рис. 11), где выдерживают до того момента, пока не прекратится выделение пузырьков воздуха. Затем сетку с образцом вынимают из сосуда и дают стечь керосину. (объем сетки определяют отдельно, опуская ее в сосуд). Волюмометр устанавливают на ровную поверхность и при помощи винтов придают ему строго горизонтальное положение. В установленный прибор наливают на 1/3 его объема керосин и отмечают уровень по нижнему мениску с точностью 0,25 мм деления, затем помещают образец торфа с сеткой и берут новый уровень. Разность между отсчетами дает объем торфа. Объемный вес будет равен:

$$\delta = \frac{P}{V_T},$$

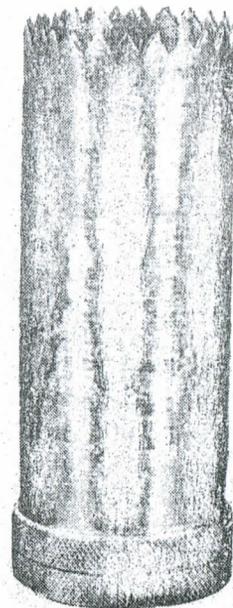


Рис. 9. Зубчатые цилиндры пробоотборника

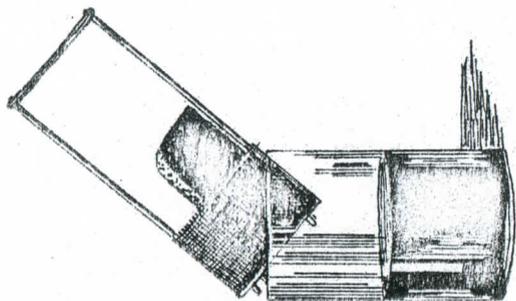


Рис. 11. Подготовка образца для определения объемного веса

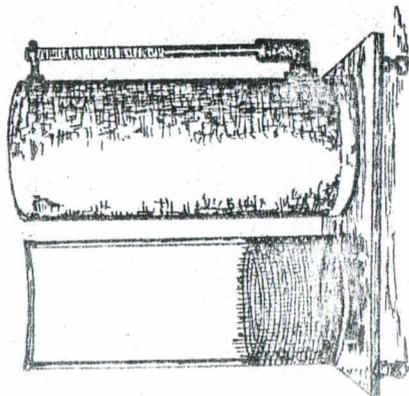


Рис. 10. Волюмометр системы Инсторфа

где P - вес образца в г;
 V_T - объем образца в г/см³.
 Объем образца составляет:

$$V_T = m(n_1 - n_2),$$

где m - цена деления, мл/дел;
 n_1 - разность по шкале между вторым и первым отсчетами при погружении торфа с сеткой;
 n_2 - то же, при погружении пустой сетки.

Влагоемкость грунтов с повышенным содержанием органики определяют так же как для минеральных глинистых грунтов: вырезают монолиты режущим цилиндром и ставят в сосуд с водой для полного водонасыщения. Полное водонасыщение торфяных грунтов достигается в течение 14-18 ч, для большей уверенности опыт продолжают в течение 24 ч. Полную влагоемкость рассчитывают по известным формулам (Е.Г. Чаповский). В связи с наличием в торфе большого количества замкнутых пор, содержащих пузырьки воздуха, препятствующие проникновению воды, полной влагоемкости торфов добиться трудно, и в какой-то степени это испытание для торфов довольно условно.

Коэффициент фильтрации грунтов с повышенным содержанием органики определяют в фильтрационных приборах типа Ф-1м или компрессионных приборах, оборудованных специальными бюретками с делениями и устройством, обеспечивающим поступление воды в образец под давлением (рис. 12). Коэффициент фильтрации уменьшается от количества органических веществ в грунте, так как коллоиды гумуса обладают способностью набухать и плохо пропускают воду. Из-за большой анизотропности торфяных грунтов коэффициент фильтрации для них следует проводить в двух направлениях: горизонтальном и вертикальном. Коэффициент фильтрации определяют согласно техническому заданию без нагрузки или под разными ступенями нагрузок. Фильтрацию под нагрузкой производят после полного завершения консолидации под заданной ступенью нагрузки.

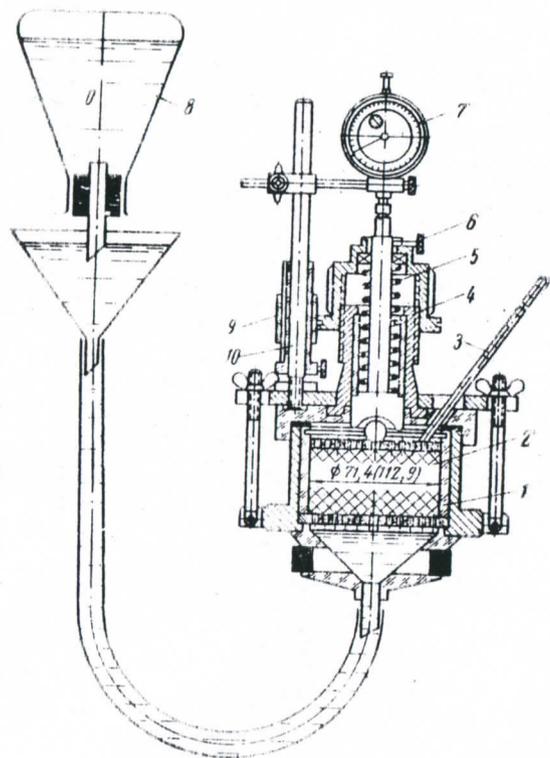


Рис. 12. Конструкция компрессионно-фильтрационного прибора КФП-1

Пределы пластичности грунтов с повышенным содержанием органики определяют в соответствии с ГОСТами 5184-64 и 5183-64. Подготовку этих грунтов следует производить с соблюдением раздела 4, п. "6" указанных ГОСТов. Грунт естественной влажности протирают через сито или терку с диаметром отверстий 1 мм. При этом следует учитывать, что при пересушивании указанных грунтов коллоиды гумуса коагулируют и грунты становятся менее пластичными.

Пределы пластичности для грунтов с большим содержанием органики имеют условный характер и их не определяют. В лабораториях, занимающихся исследованиями торфов, пластичность определяют пластометром конструкции И.Д. Беловидова и В.Г. Горячкина (рис. 13). Принцип определения пластичности торфов на пластометре основан на расплющивании цилиндрических образцов осевой нагрузкой. Образец торфа приготавливают в виде цилиндров диаметром и высотой 30 мм специальным прибором. Вырезанный образец устанавливают на стеклянную пластинку в центре диска, на верхний торец образца кладут лист белой бумаги. Под действием рабочей рамы и груза образец расплющивается. Отпечаток расплющенного образца в виде круга измеряют миллиметровой линейкой. Результаты двух измерений не должны отличаться более чем на 1 мм, расплющенный образец отбирают на влажность. Показатель пластичности или относительную пластичную деформацию определяют при данной влажности как отношение диаметра образца после деформации к его начальному диаметру. Пределы пластичности торфов при этом определяют следующим образом: верхний предел соответствует состоянию полной влагоемкости, нижний находят с помощью пластометра. Для этого определяют показатели пластичности при разном содержании воды в торфе и результаты изображают графически. Линия, показывающая зависимость $K = f(W)$, имеет точку перегиба, которая пока-

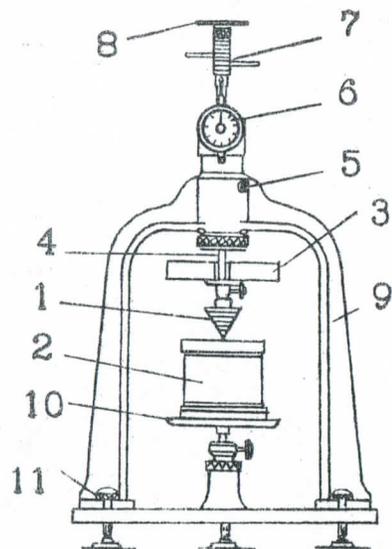


Рис. 13. Схема конического пластометра КП-3
 1 - металлический конус; 2 - цилиндрический сосуд;
 3 - диск для установки дополнительных грузов; 4 - шта-
 га; 5 - пусковая кнопка; 6 - часовой индикатор; 7 - ме-
 ханизм упора; 8 - верхний диск для установки индика-
 тора; 9 - станина; 10 - подъемный столик; 11 - винты
 для установки по уровню

зывает, что в этот момент торф изменил качественное состояние.

Л и п к о с т ь. Грунты с повышенным содержанием органики в определенном диапазоне влажностей обладают значительной липкостью. Этот показатель характеризует степень липкости грунта к различным материалам и его следует учитывать при строительных земляных работах. На степень липкости, кроме влажности и наличия органики, влияет гранулометрический состав.

В настоящее время лабораторией грунтоведени я геологического факультета МГУ разработан прибор

УИЛ-2, предназначенный для определения липкости грунтов нарушенного и ненарушенного сложения. Прибор позволяет получать зависимость липкости грунтов от влажности при постоянной внешней нагрузке, действующей на штамп, от величины и времени действия вертикальной нагрузки при постоянной и переменной влажности, а также от материала штампа и характера его поверхности.

Прибор УИЛ-2 отличается от прибора Охотина тем, что в нем конструктивно решена проблема компоновки прижимающего и отрывающего штамп устройства в одном приборе.

Техническая характеристика прибора УИЛ-2

Максимальное отрывающее усилие.	3 кг/см ²
Интервал величин внешнего давления.	0,05-10 кг/см ²
Точность определений.	1-2 г/см ²
Точность передачи внешнего давления.	0,05 кг/см ² .

Опытный экземпляр прибора изготовлен в мастерских физического факультета МГУ.

П р о ч н о с т ь н ы е х а р а к т е р и с т и к и
 (С и 9) грунтов с повышенным содержанием органических веществ в лабораториях определяют на одноплоскостных приборах типа Лурье-Маслова и в стабилOMETРАХ. У торфов со степенью разложения менее 35% в процессе сдвига вместо среза наблюдается смятие образцов. Л.С. Амарян предлагает осуществлять срез образца торфа с применением острых игл, которые крепятся на торцах верхнего и нижнего фильтров прибора. Они располагаются по концентричным окружностям с расстоянием в среднем 10 мм. Использование игл обеспечивает надежное их внедрение в образец и полный его срез. Испытания грунтов с повышенным содержанием органики на сдвиг производят по различным схемам, которые назначаются в зависимости от состояния грунта, геологических условий и изменения этих условий в результате возведения сооружений.

В связи с тем, что грунты с повышенным содержанием органики обладают высокой сжимаемостью и в процессе испытаний меняется их плотность и влажность, испытание указанных грунтов на сдвиг часто производят по методу "плотности-влажности", предложенному Н.Н. Масловым. По этому методу находят зависимость угла внутреннего трения и сцепления от влажности. Для этого испытывают серию образцов под различными нормальными нагрузками. Обычно берут три образца одной нагрузки, образец срезают без предварительного уплотнения под этой нагрузкой, второй образец уплотняют до условной стабилизации и третий уплотняют в течение времени, достаточного для получения промежуточной влажности. Количество нормальных нагрузок составляет три (всего получается девять образцов).

Величины ступеней нормальных нагрузок назначают в зависимости от состояния грунта: для сильносжимаемых грунтов текучей и мягкопластичной консистенции — 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 кг/см² и т.д.; для торфяных грунтов и минерализованных илов с консистенцией менее 0,5 — 0,25; 0,5; 1 кг/см² и т.д.

Срез образцов под различными нормальными нагрузками и соответственно уплотненных производят быстро, в течение 3–10 мин. С плоскости среза отбирают образцы на влажность. После проведения испытаний строят график зависимости τ от влажности (рис. 14). Точки, относящиеся к одной и той же нормальной нагрузке, при сдвиге обозначают одинаковыми знаками. Через эти точки проводят осредняющие кривые, каждая из которых представляет зависимость τ при данной нормальной нагрузке от влажности. Полученный график перестраивают, откладывая на оси ординат сопротивление сдвигу различной влажности, по оси абсцисс — нормальные нагрузки.

Определенные графически значения τ используют для определения прочностных характеристик при любой влажности (на любой стадии консолидации). Следует от-

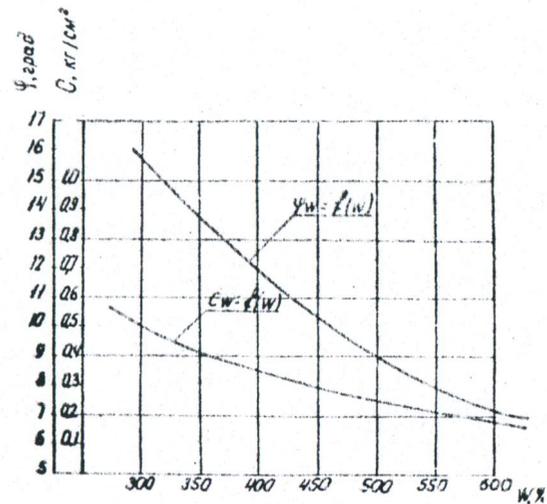


Рис. 14. Зависимость угла трения и сцепления от влажности (торф)

метить, что срез по заранее фиксированной плоскости на одноплоскостных срезных приборах при испытании и неоднородных грунтов, к которым относится торф, приводит к завышенным результатам прочностных характеристик. Недостатком срезных приборов является также то, что при недренированных испытаниях в переувлажненных грунтах трудно сохранить естественную влажность без изменения. Кроме того, грунты с повышенным содержанием органики в природе часто бывают недоуплотнены, в связи с чем они характеризуются достаточно высоким начальным поровым давлением, которое не успевает рассеиваться при испытании по схеме неконсолидированного недренированного сдвига. В срезных приборах оно не учитывается в результате чего испытания, проведенные по этой схеме, также завышают значения C и φ .

Все эти погрешности в определении прочностных характеристик можно избежать, проводя испытания в приборах трехосного сжатия (стабилометрах). Испытания в стабилометрах для определения прочностных характеристик проводят по схемам, аналогичным для срезных приборов, т.е. дренированные и недренированные.

Деформационные характеристики грунтов с повышенным содержанием органики без возможности бокового расширения проводят в одометрах. Из-за большой деформации торфяных грунтов, сапропелей, некоторых видов илов используют индикаторы часового типа с ходом 20 мм. Ступени нагрузок зависят от состояния грунта. Для торфяных грунтов, сапропелей и илов с высокой пористостью и сильноувлажненных они составляют 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,75; 1 кг/см² и т.д. Каждую ступень нагрузки выдерживают до стабилизации осадки, за которую принимают 0,01 мм, в течение 6 ч.

На стадии рабочих чертежей определяют сжимаемость во времени для получения данных по консолидации. Для каждой нагрузки строят график зависимости осадки от логарифма времени.

Сжимаемость грунтов с повышенным содержанием органики в условиях ограниченного бокового расширения определяют в стабилометрах.

Компрессионные модули деформации грунтов с высокими значениями коэффициентов пористости приближаются к модулям, определенным статическими нагрузками в полевых условиях.

Для решения вопроса целесообразности укрепления грунтов вычисляют коэффициент консолидации по формуле

$$\delta = \frac{k(1 + \delta_{св})}{\alpha \cdot \gamma_w}$$

где k — коэффициент фильтрации в см/сек

α — коэффициент уплотнения в кг/см²

ϵ — коэффициент пористости;

γ_w — удельный вес воды в кг/см³.

Используя микропенетрационный метод, в лабораторных условиях можно определять с достаточной точностью консистенцию грунта, модуль деформации, сопротивление сдвигу, коэффициент падения структурной прочности (коэффициент чувствительности).

Для определения удельного сопротивления пенетрации используют формулу

$$R = \frac{P - P_0}{h^2},$$

где R — удельное сопротивление пенетрации в кг/см²;

P — нагрузка на конус в кг;

P_0 — нагрузка, характеризующая наличие структурной прочности в грунте в кг;

h — глубина погружения конуса в см.

Нагрузки на конус передают ступенями, величина которых зависит от состава и состояния грунта. В табл. 1 приведены примерные величины нагрузок.

Наиболее удобным из существующих пенетрометров является пластометр Ребиндера.

Таблица 1

Состояние грунта	Консистенция	Рекомендуемые ступени нагрузок в кг	
Сухая	Твердая	$B < 0$	4-2
	Пластичная	$0 \leq B \leq 1$	2-1
	Текучая	$B > 1$	1-0,5
Средняя и влажная	Твердые	$B < 0$	4-2
	Тугопластичные	$0 \leq B \leq 0,25$	2-1
	Полутвердые	$0,25 \leq B \leq 0,5$	1-0,5
	Мягкопластичные	$0,50 \leq B \leq 0,75$	0,5-0,25
	Текучепластичные	$0,75 \leq B \leq 1,0$	0,25-0,10
	Текучие	$B > 1,0$	0,10-0,05

По полученным данным строят график зависимости квадрата глубины погружения конуса от величины нагрузки в координатах h^2-P (рис. 15), для составления которого минимальное число ступеней нагрузок составляет 6-8.

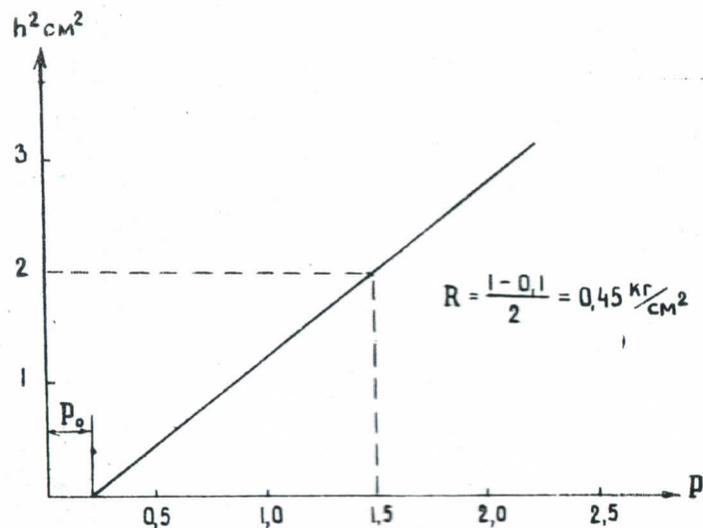


Рис. 15. График зависимости квадрата глубины погружения конуса от величины нагрузки в координатах h^2-P

Консистенцию грунта можно определять по величине удельного сопротивления пенетрации, используя данные, приведенные в табл. 2.

Сопротивление сдвигу слабых грунтов определяют по формуле

$$\tau = K_1 \cdot R,$$

где K_1 - коэффициент пропорциональности, зависящий от угла раскрытия конусного наконечника и угла внутреннего трения грунта (значения коэффициента приведены в табл. 3);

R - удельное сопротивление пенетрации в $\text{кг}/\text{см}^2$.

Таблица 2

Консистенция	Удельное сопротивление пенетрации, $\text{кг}/\text{см}^2$
Твердая	> 4
Полутвердая	4-2
Тугопластичная	2-1
Мягкопластичная	1-0,5
Текучепластичная	0,5-0,2
Текучая	< 0,2

Таблица 3

Значения угла раскрытия конуса в град.	Значение коэффициента пропорциональности по Березанцеву		
	угол внутреннего трения в град.		
	0	10	20
30			
45	0,871	0,847	0,376
60	0,359	0,259	0,155
90	0,182	0,128	0,078
	0,060	0,041	0,028

Коэффициент падения структурной прочности определяют как отношение удельного сопротивления пенетрации для грунта ненарушенной структуры к удельному сопротивлению пенетрации для грунта нарушенной структуры при равнозначности физических свойств по формуле

$$K_{пс} = \frac{R_{\epsilon}}{R_{н}},$$

где $K_{пс}$ - коэффициент падения структурной прочности;
 R_{ϵ} - удельное сопротивление пенетрации для грунта ненарушенной структуры;
 $R_{н}$ - удельное сопротивление пенетрации для грунта нарушенной структуры.

5. Химический состав грунтов с повышенным содержанием органики

Химический состав грунтов с повышенным содержанием органики в отличие от минеральных тесно связан с органической частью, наличие которой необходимо учитывать при определении свойств грунтов, служащих основанием для сооружений.

В данном Руководстве описаны химический состав и некоторые особенности химических анализов грунтов с повышенным содержанием органики — торфов и сапропелей (органических илов). Минерализованные илы с небольшим содержанием органики принято рассматривать как минеральные грунты.

Торф. Твердая фаза торфа состоит из органических и неорганических (зольных) компонентов, содержание которых меняется в зависимости от фактора торфообразования и водоминерального режима питания торфяников. Химический состав торфа сохраняет черты химического состава растений-торфообразователей. Для торфа [18] характерен следующий элементарный состав (в процентах):

углерод	50-62
водород	5,5-6,4
кислород	28-42
азот	0,8-4
сера	0,2-0,8.

В торфе содержатся группы органических соединений: битумы, углеводы (воднорастворимые, целлюлозы, гемицеллюлозы), лигнин, гуминовые кислоты.

Верховой и низинный типы торфа отличаются между собой главным образом интенсивностью распада исходных торфообразователей и изменением содержания целлюлозы и гемицеллюлозы. В низинном высококоразложившемся торфе содержание целлюлозы составляет 0,6, в верховом — 2,5%. Содержание золы колеблется в низинном торфе от 0,4 до 9%, в верховом не превыша-

ет 2-3%. Содержание золы в торфах изменяется в широких пределах в зависимости от поступления в залежь наносов и минерального питания торфяника. Поэтому оценка зольности торфа может быть дана по данным прямого ее определения. Повышенную зольность имеют торфы с примесью песка или ила, а также известковые торфы.

Сапропели образуются в условиях малого доступа кислорода в восстановительной среде, что ведет к образованию соединений, обогащенных водородом.

По химическому составу золы сапропели подразделяются на известковистые, кремнеземистые, смешанные и сапропелевые глины (подстилающие). Кремнеземистые обычно темных цветов, известковистые окрашены в светлые тона.

Зольность растений сапропелеобразователей составляет в целом 16%, она выше зольности торфообразователей, которая колеблется в пределах 2-7,5%.

Наличие азота в сапропелеобразователях и сапропелях выше чем в торфообразователях и торфах. Причем оно особенно велико для низших растений и составляет в случае сине-зеленых водорослей 13%. Среди растений сапропелеобразователей выделяется группа растений, часть которых возвышается над поверхностью воды. Они по химическому составу органической части приближаются к травянистым растениям-торфообразователям, отличаются низкой зольностью, высоким содержанием битумов и целлюлозы и низким содержанием воднорастворимых веществ. Состав малозольных сапропелей (в процентах):

углерод	50-60
водород	6,5-7,75
азот	3,8-6.

Отмечено две группы сапропелей: первая, малочисленная, характеризуется содержанием легкогидролизуемых азотистых веществ 8-19%, гуминовых кислот — 20-28%; вторая — легкогидролизуемых веществ 28-52%, гуминовых кислот — 9-18%.

При лабораторных исследованиях сапропелевых грунтов, кроме обычного комплекса анализов и испытаний, выполняют еще микроскопические исследования структурного состава, определяют содержание извести, кремнезема; полуторных окислов и органического вещества.

Для грунтов с повышенным содержанием органики в целях изучения их агрессивной активности в первую очередь необходимы данные величины рН (обменная кислотность), содержание органики (или гумуса), которую определяют методом учета карбонатов. Кроме того, часто определяют содержание зольных элементов, таких как кальций, магний, сера.

6. Химический анализ

1. Определение обменной кислотности. Обменная кислотность (рН) обусловлена наличием ионов водорода в поглощающем комплексе: рН верхового торфа колеблется в пределах 2,8-3,2, переходного - 3,4-4,2, низинного - 4,8-5,6.

По кислотности торф и сапропели относятся к кислым системам.

Кислотность определяют электрометрическим методом согласно ГОСТу 11623-85. Сущность метода заключается в установлении разности между двумя электродами; электродом сравнения с постоянным потенциалом и индикаторным электродом, потенциал которого зависит от рН исследуемой среды.

Грунт для анализа (в соотношении к воде 1:25) около 2 г помещают в колбу объемом 100 мл, заливают 50 мл 0,1 М раствора хлористого калия, взбалтывают в течение 1 мин, через 10-15 мин переносят отстоявшийся слой в стаканчик потенциометра, далее производят определение по инструкции, приложенной к прибору.

2. Определение углекислоты карбонатов. Метод определения углекислоты карбонатов по ГОСТу 7752-55-

классический точный метод Густовсона, но в настоящее время почти не применяющийся из-за большой трудоемкости. Кроме того, приобретение и налаживание и соответствие этому методу прибора доступно лишь крупным лабораториям на уровне исследовательских или учебных институтов.

Для определения углекислоты почвенных карбонатов наиболее удобен метод Штейного (модификация Козловского - МРТУ 46-568-69). Принцип метода заключается в разрушении почвенных карбонатов HCl на холоде. Выделяющаяся CO₂ улавливается едкой щелочью при дальнейшем оттитровывании избытка щелочи раствором соляной кислоты.

Аппаратура и посуда:

- 1) весы техноаналитические для взятия навесок почв;
- 2) колбы Эрленмейера емкостью 500 мл;
- 3) резиновые пробки к колбам № 29 и 30;
- 4) пинцет;
- 5) тигли фарфоровые высотой 3 см, диаметром 2-2,5 см, свободно проходящие через горловину колб;
- 6) пробирки диаметром 2-2,5 см, длиной 8-9 см, без ранга;
- 7) пипетки 5 мл. Допустимая ошибка дозирования - не более 1%;
- 8) бюретки для титрования.

Реактивы:

- 1) соляная кислота, уд.в. 1,19, х.ч., ГОСТ 3118-67;
- 2) едкий натр ч.д.а., ГОСТ 4328-66;
- 3) фенолфталеин, ГОСТ 5850-51;
- 4) хлористый барий ч.д.а., ГОСТ 4108-65.

Ход анализа. Навески по 0,5-2 г воздушно-сухой почвы (в зависимости от содержания карбонатов), просеянной через сито 1 мм, помещают в сухие колбы Эрленмейера емкостью 500 мл, располагая почву компактно у боковых стенок. Далее с помощью пинцета в каждую колбу осторожно по стенке опускают пустой

тигель, в который затем наливают пипеткой 5 мл 10%-ной HCl. В приготовленные пробирки наливают по 5 мл 0,4 н. NaOH и также осторожно ставят по одной пробирке в каждую колбу.

Колбу плотно закрывают пробкой, предварительно смоченной водой. После этого легким наклоном колбы опрокидывают тиглик с кислотой и постепенно смачивают ею всю почву (при высоком содержании карбонатов рекомендуется предварительно смочить навеску 1-2 мл воды, чтобы замедлить ход реакции). Затем колбу несколько раз встряхивают круговыми движениями, чтобы смоченная кислотой почва равномерно распределилась по дну колбы, и оставляют на ночь.

Колбу открывают, вынимают пробирку, обмывают ее с внешней стороны водой из промывалки, приливают 2 капли раствора фенолфталеина и около 1 мл насыщенного раствора BaCl₂, переливают в маленькую колбочку на 50 мл и титруют содержимое 0,2н·HCl до исчезновения розовой окраски.

Если после прибавления BaCl₂ в нижней части пробирки осадок побелеет и полностью утратит розовый оттенок, следует быстро прибавить пипеткой 2 мл 0,4 н. NaOH и лишь после этого перемешать содержимое пробирки и продолжить титрование. Если содержимое пробирки после прибавления щелочи вновь побелеет, следует анализ переделать, взяв меньшую навеску, или больший объем щелочи для улавливания (10-15 мл).

Одновременно проводят холостое определение - приливание реактивов, поглощение CO₂ и титрование раствора - без внесения в колбу почвы.

Расчет производят по формуле

$$\text{CO}_2 = \frac{0,44 \cdot A(B-C)}{H} \% \text{ или } \text{CO}_2 = \frac{0,0044 \cdot K(B-C) 100}{H}$$

где B - количество 0,2 н. HCl, израсходованное на титрование при холостом анализе (среднее из трех определений);

C - количество 0,2 н. HCl, израсходованное на титрование, мл;

H - навеска почвы, г;

A - коэффициент пересчета на абсолютно сухой анализируемый образец;

K - поправка к нормальности HCl.

При дополнительном приливании 2 мл поглотителя (0,4 н. NaOH) величина B увеличивается в 1,4 раза. Гумус вычисляют, умножив найденное количество CO₂ на 0,471 (принимая, что в почвенном гумусе в среднем содержится 58% углерода).

3. Определение зольных элементов. Подготовка зола к анализу.

Необходимую для анализа золу (4-5 г) получают в больших фарфоровых тиглях путем озоления в них исследуемого грунта (торфа или сапропеля). Полученную золу растирают в агатовой ступке до крупности, которая обеспечивала бы прохождение всей золы без остатка через сито с диаметром отверстий 0,5 мм и помещают в стеклянную банку с притертой пробкой.

Для анализа зола берут навеску около 1,5 г, которую тщательно перемешивают в платиновом тигле с пятикратным количеством смеси безводных углекислых солей калия и натрия. Сплавление ведут в платиновом тигле (при работе с фарфоровыми тиглями глазурь с них переходит в сплав и резко искажаются результаты анализа). Зола перемешивают стеклянной палочкой, которую затем тщательно вытирают беззольным фильтром и этот фильтр кладут в тигель. Сверху смесь засыпают небольшим слоем углекислых солей.

Первую стадию плавления следует проводить осторожно. Из-за вслучивания и возможного выбрасывания смеси из тигля его ставят в холодный муфель и лишь постепенно нагревают до температуры 1000°С. Когда смесь будет расплавлена и прекратится выделение пузырьков CO₂, нагревание продолжают еще 10-20 мин., после чего сплавление заканчивают.

Затем тигель в горячем состоянии щипцами переносят в стакан с холодной дистиллированной водой и

погружает на 3/4 его высоты. При охлаждении тигля слыва отстает от стенок и при опрокидывании легко выпадает из него. Слыв сразу кладут в фарфоровую чашку, а тигель и крышку обмывают над этой чашкой горячей водой в 10%-ым раствором соляной кислоты, прибавляя последнюю до сильно кислой реакции.

Далее в золе определяют кальций, магний и другие элементы общепринятым объемным трилометрическим методом или в случае сильно окрашенных растворов - весовым методом согласно ГОСТу 10538-63.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амарья Л.С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. М., "Недра", 1969.
2. Вихляев И.И. Торф в гидротехническом строительстве. М.-Л., "Энергия", 1965.
3. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. 1947.
4. Временные указания по инженерно-геологическим исследованиям слабых водонасыщенных глинистых грунтов. М., Изд. ЦТИСИЗ, 1968.
5. Горькова И.М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. М., "Наука", 1966.
6. Демьянов Н.Я. и Прянишников Н.Д. Общие приемы анализа растительных веществ. Госхимиздат, 1933.
7. Корчунов С.С. Исследования физико-механических свойств торфа. Л., Госэнергоиздат, 1953.
8. Кулаков Н.Н. Введение в физику торфа. Л., Госэнергоиздат, 1947.
9. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. М., Стройиздат, 1971.
10. Методические указания по инженерно-геологическим исследованиям слабых водонасыщенных глинистых грунтов, Госстрой РСФСР, М., изд. ЦТИСИЗ, 1968.
11. Новые физические методы исследования торфа. Госэнергоиздат, 1966.

12. Отчет Горьковского отделения института Гипро-торфразведка "Об экспериментальных работах", т.1У, книга 1, 1965.

13. Раковский В.Е. Общая химическая технология торфа. М., 1949.

14. Рубинштейн А.Я. Сапропелевые отложения центральных областей Европейской территории СССР и их инженерно-геологические особенности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. геол.-минерал. наук, М., 1968.

15. Сорокина Г.В., Павлова Л.А. Строительная классификация морских илов. В Сб. трудов ВНИИОСП, 1964, № 54.

16. Семеновский Е.П. Технический анализ торфа. М., "Недра", 1966.

17. Строительство на слабых грунтах. Сборник трудов Рижского совещания по новым методам возведения промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных глинистых грунтах, Рига, 1970.

18. Справочник по торфу. М., изд-во сельскохозяйственной литературы, 1960.

19. Кухаренко Г.А. Реакция гуминовых кислот с нейтральными солями. В журнале "Химия твердого топлива", вып. 9, 1937.

20. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М., "Недра", 1966.

21. Труды Московского торфяного института, вып. II и IУ.

22. Труды У1 совещания-семинара по обмену опытом строительства в суровых климатических условиях, Красноярск, 1970.

23. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология, инженерная петрология. Л., "Недра", 1970.

Классификация торфов

Зольность средняя в %	Подтипы	Лесной	Лесо-топяной		Топяной		
	Группы Типы	Древесная	Древесно- травяная	Древесно- моховая	Травяная	Травяно- моховая	Моховая
		В И Д Ы					
6-18	Низинный	Ольховый, Березовый, Еловый, Сосновый, Низинный, Ивовый	Древесно- тростниковый, Древесно- осоковый	Древесно- шиповый, Древесно- сфагновый	Хвощовый, Тростниковый, Осоковый, Вахшовый, Шейхериевый, Низинный	Осоково- шиповый, Осоково- сфагновый	Гипновый, Сфагновый, Низинный
4-8	Переходный	Древесный, Переходный	Древесно- осоковый, Переходный	Древесно- сфагновый, Переходный	Осоковый, Переходный, Шейхериевый, Переходный	Осоково- сфагновый, Переходный	Гипновый, Переходный, Сфагновый, Переходный
2-4	Верховой	Сосновый, Верховой	Сосново- пушицевый	Сосново- сфагновый	Пушицевый, Шейхериевый	Пушицево- сфагновый, Шейхериево- сфагновый	Медкум-торф, Фускум-торф, Комплексный, Верховой, Сфагновый, Мочажинный

Осредненные показатели физико-механических свойств торфяной залежи

Тип строения и вид залежи	Влажность в %		Степень разложения R в %	Зольность A _c в %	Коэффициент пористости ξ	Сопротивление сдвигу τ в кг/см ²
	ш	W				
Верховой						
Фускум	88,04	813	6,5	2,14	13,0	0,16
Комплексный	89,30	835	24,2	2,80	12,6	0,13
"	88,53	774	15,4	2,20	12,0	0,12
Медиум	92,10	1170	14,4	3,10	18,6	0,15
Фускум	91,90	1130	7,7	3,03	18,1	0,11
Комплексный	92,10	1170	35,6	3,40	17,0	0,07
Смешанный						
Топяной	88,0	733	23,8	3,03	10,6	0,20
Лесной	91,0	1010	29,4	5,30	14,7	0,16
Топяной	88,9	890	16,6	5,00	13,3	0,17
"	92,1	1170	16,2	3,30	17,6	0,13
"	90,7	877	22,0	5,00	14,7	0,11
Переходный						
Лесной	87,0	670	40,0	7,60	9,4	0,22
Лесо-топяной	84,3	537	40,0	7,20	7,5	0,31
"	88,0	733	40,0	6,80	10,3	0,18
Топяной	90,0	900	26,0	6,10	13,0	0,15
Низинный						
Осоково-лесной	81,54	545	35,0	8,85	7,7	0,17
"	84,90	562	27,4	9,11	8,2	0,16
"	90,00	900	30,0	7,90	13,0	0,20
"	87,30	686	32,0	8,70	9,9	0,16
"	88,40	762	37,5	6,99	10,7	0,15
"	88,30	755	40,0	8,40	10,6	0,17
"	88,84	792	38,0	7,07	11,1	0,17
Лесо-топяной	85,0	567	37,5	8,11	7,8	0,22
"	86,0	615	40,0	8,33	8,6	0,20
"	87,9	725	40,0	20,58	10,3	0,06
"	87,0	670	35,0	7,80	9,4	0,15
Ольхово-лесной	82,5	472	55,0	11,00	6,5	0,24
Елово-лесной	85,8	595	38,0	10,40	8,3	0,20
"	86,7	652	32,0	9,85	9,5	0,15
Топяной	86,6	625	31	8,10	9,1	0,16
Осоково-топяной	88,6	780	22,3	7,51	11,8	0,12

Классификация болотных грунтов

Разновидность грунта	Природная влажность $W_{пр}$	Степень разложения R	Объемный вес скелета $\gamma_{ск}$	Коэффициент пористости	Модуль деформации E кг/см ² при нагрузке p в кг/см ²			Сопротивление сдвигу $S_{сдв}$ в кг/см ² (по крыльчатке)	Визуальные признаки
					0,6	1,0	1,5		
Осушенный минерализованный и погруженный торф Маловлажный (лесной) торф	до 300	-	0,20	5	Г о р ф я н ы е 2,4 2,6 2,7			0,5-0,3	Плотный, различных цветов
	300-600	50	0,20-0,15	5-8	2,4-1,8	2,6-2,1	2,7-2,5	0,3-0,2	Плотный: буровой наконечник погружается в болото усилием двух человек. Цвет черный или коричневый; пачкает руку и при сжатии полностью продавливается сквозь пальцы. Вода совсем не отжимается. Остатки трав и мхов либо отсутствуют, либо встречаются в небольшом количестве
Средней влажности (лесо-топяной) торф	600-900	50-30	0,15-0,10	8-14	1,8-1,3	2,1-1,7	2,5-2,0	0,2-0,15	Средняя плотность: буровой наконечник погружается усилием одного человека. Цвет темный или серо-коричневый; пачкает руку, при сжатии частично продавливается сквозь пальцы. Вода отжимается в небольшом количестве и имеет коричневый цвет. Наряду с остатками древесины встречается значительное количество остатков трав и мхов
Очень влажный (топяной) торф	900-1300	30-10	0,10-0,06	14-20	1,3-0,9	1,7-1,4	2,0-1,8	0,15-0,10	Малая плотность: буровой наконечник погружается под действием собственного веса и веса одной вытянутой руки. Моховые торфы - светлые, травяные - более темные, не пачкают руки и не продавливаются сквозь пальцы. Вода свободно в большом количестве отжимается из образца торфа и имеет желтый цвет. Древесные остатки либо совсем отсутствуют, либо попадаются изредка
Избыточновлажный	1300	-	0,06	20	0,9	1,4	1,8	0,1	Рыхлый, цвет от светло-коричневого до черного, иногда желтый. Отчетливо видны стебельки мхов. Прозрачная светло-желтая вода отжимается как из губки; отжатый торф пружинит
С а п р о п е л ь ы е									
Маловлажный (плотный)	200	-	-	-	-	5,0	-	0,2	
Влажный (рыхлый)	200-1000	-	-	-	-	5,0-1,2	-	0,2-0,05	Цвет от черного до зеленоватого. Пластичная жирная масса незначительной плотности, имеются включения неразложившихся остатков растений. Влажность высокая, возможны примеси частиц минерального грунта

Строительная классификация морских илов (по данным НИИОСП)

Вид ила	Число пластичности W_n	Модуль деформации E в зависимости от коэффициента консистенции B в кг/см ²						Сопротивляемость сдвигу в природном состоянии $C_{усл}$ в зависимости от коэффициента консистенции B в кг/см ²						
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
Супесчаный	$1 \leq W_n < 7$	≤ 3	≥ 44	≥ 39	≥ 36	≥ 33	≥ 31	≥ 28	0,35	0,28	0,21	0,18	0,17	$< 0,17$
		≥ 5	≤ 40	≤ 36	≤ 33	≤ 31	≤ 29	≤ 28						
Суглинистый	$7 \leq W_n < 17$	≤ 11	≤ 14	≤ 12	≤ 11	$\leq 10,5$	≤ 10	≤ 10	0,27	0,22	0,17	0,13	0,11	$< 0,11$
		12	16	13	12	10,5	9,5	9,5						
		13	23	18	14	11	9,0	8,0						
		≥ 14	≥ 40	≥ 25	≥ 18	≥ 11	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$						
Глинистый	$W_n \geq 17$	≤ 26	≥ 12	≥ 9	≥ 5	≥ 3	-	-	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$	$\leq 0,09$	$\leq 0,08$	-	-
		30	8	5	3,5	3	-	-	0,16	0,12	0,10	-	-	
		35	6,6	4	3,2	3	-	-	0,21	0,08	0,02	-	-	
		≥ 44	-	$\leq 3,5$	≤ 3	≤ 3	-	-	$\geq 0,24$	$\geq 0,14$	$\geq 0,12$	-	-	

Таблица деформативных характеристик илов

Вид ила	Число пластичности W_p	Обозначения характеристик	Консистенция $V > 1$							
			Коэффициент пористости							
			0,9-1,00	1,01-1,20	1,21-1,40	1,41-1,50	1,51-1,60	1,61-2,00	2,01-2,50	2,51-3,0
Супесчаный	3-7	$E, \text{кг/см}^2$ $K, \text{см/сек}$ $\delta, \text{см}^2/\text{год}$	42 $2 \cdot 10^{-5}$ 2	30 $1 \cdot 10^{-4}$ $9 \cdot 10^7$						
Суглинистый	7,1-17	$E, \text{кг/см}^2$ $K, \text{см/сек}$ $\delta, \text{см}^2/\text{год}$		32^*-22 $1-3 \cdot 10^{-6}$ $0,9-2 \cdot 10^6$	25^*-19 $3-7 \cdot 10^{-6}$ $2-4 \cdot 10^6$		17 $1,0 \cdot 10^{-5}$ $5 \cdot 10^6$	10 $2,4 \cdot 10^{-5}$ $1 \cdot 10^7$		
	17,1-25	$E, \text{кг/см}^2$ $K, \text{см/сек}$ $\delta, \text{см}^2/\text{год}$					$2,0^*-14$ $1 \cdot 10^{-7}$ $6-4 \cdot 10^4$	9 $2 \cdot 10^{-7}$ $8 \cdot 10^4$		
Глинистый	25,1-35	$E, \text{кг/см}^2$ $K, \text{см/сек}$ $\delta, \text{см}^2/\text{год}$							5 $2 \cdot 10^{-7}$ $4 \cdot 10^4$	
	> 35	$E, \text{кг/см}^2$ $K, \text{см/сек}$ $\delta, \text{см}^2/\text{год}$								4 $5-0,2 \cdot 10^{-}$ $9 \cdot 10^4-3,5$ $\cdot 10^3$

*) Ил с прослойками песка, консистенция равна 1.

E - модуль деформации;

K - коэффициент фильтрации;

δ - коэффициент консолидации.

Инженерно-геологические особенности сапропелей

Типы сапропелей	Содержание органического вещества в %	Естественная влажность в % W	Объемный вес скелета δ в г/см ³	Удельный вес γ в г/см ³	Коэффициент пористости ϵ	Сопротивление внедрению конуса R в г/см ²	Сопротивление сдвигу в кг/см ² при нагрузке P в кг/см ²			Сцепление C в г/см ²	Угол внутреннего трения φ в град	Коэффициент сжимаемости α в см ² /кг в интервале нагрузок P в кг/см ²			Границы пластичности		
							0,05	0,1	0,2			0-0,5	0,5-1	1-2	граница текучести W _f	граница раскатывания W _p	число пластичности M _p
Органические	70-90 (малозольные)	1600-3000	0,07-0,04	1,7-1,4	23-30	5-2	0,020-0,015	0,040-0,030	0,075-0,055	3-2	20-15	100-50	10-3	2-1	550-700	210-320	320-420
Минерально-органические	50-70 (среднезольные)	850-1600	0,10-0,07	2,0-1,7	18-23	15-5	0,028-0,020	0,050-0,040	0,100-0,075	4-3	25-20	50-20	3-1,5	1-0,5	400-550	150-210	230-320
Органо-минеральные	30-50 (повышеннозольные)	350-850	0,25-0,10	2,3-2,0	9-18	30-15	0,040-0,028	0,070-0,050	0,120-0,100	15-4	28-25	20-8	1,5-0,8	0,5-0,2	280-400	120-150	150-230
Минерализованные	10-30 (высокозольные)	150-350	0,60-0,25	2,6-2,3	3-9	150-30	0,110-0,040	0,140-0,070	0,195-0,120	80-15	30-28	8-3	0,8-0,3	0,2-0,1	200-280	100-120	100-150

Определение степени разложения торфа

Степень разложения в %	Признаки			
	Цвет торфа	Растительные остатки	Вода	Упругие свойства
Верховой торф				
до 10	Светло-коричневый, иногда желтый	Отчетливо видны стебельки мха с веточками и листьями	Прозрачная, светло-желтая; отжимается как из губки	Сжатый торф пружинит, возвращается к первоначальному объему
10-20	Светло-коричневый, редко темно-желтый	Стебельки мха без веточек и листьев; длина 1 см и более	Желтая, слегка мутная; отжимается легко	Заметна упругость в отжатом торфе
20-30	Коричневый	Стебельки мха длиной менее 1 см, видны волокна и корешки пушицы	Мутная, коричневая	Упругость в отжатом торфе не заметна
30-50	Темно-коричневый	На изломе заметны тонкие волокна пушицы	Темно-коричневая; отжимается с трудом, каплями	Отжатый торф пластичен
более 50	Темно-коричневый, иногда с пепельным оттенком	Заметны волокна пушицы, кусочки древесины и коры сосны	Не отжимается	При сжатии торф продавливается между пальцами
Низинный торф				
до 20	Светло-коричневый	Спутанный войлок нитевидных корешков осок иногда с примесью сфагнома и гипнума	Светлая, иногда мутноватая; отжимается легко	-
20-35	Темно-серо-коричневый	Ясно различимы корешки осоки	Мутная, светло-серая или коричневая	-
	Темно-серо-коричневый	Трудно различимы, встречаются кусочки древесины и коры	Мутная, темно-серая; отжимается с трудом	При растирании торф пачкает руку
более 50	Землисто-черный	Встречаются мелкие кусочки коры и древесины	Не отжимается	При отжимании торф пачкает руку и продавливается между пальцами

Основные показатели всплывания торфа в крупных водохранилищах Европейской территории СССР

Виды залежи	Степень раз- ложения в %	I батиметрическая зона 0,25 - 3 м			II батиметрическая зона 3 - 5 м			
		сумма положи- тельных темпе- ратур t*	период всплы- вания	характер всплывания	сумма положи- тельных тем- ператур t*	период всплы- вания	характер всплывания	
Лесная, лесо-топяная, древес- но-осоковая, многослойная, лесо-топяная однородная	55-65	Всплывания не будет						
То же	30-50	18600-25720	8-11	Участками до 10% затажное	-	5-8	Очагами до 5%	
То же с активными очагами всплывания	30-50	3720-11030	2-5	Очагами до 20% затажное	11030-18080	5-8	-"-	
Топяно-лесная, осоковая, осоково-сфагновая, однородные	30-50	9200-15600	4-8	Очагами до 10% затажное	11560-25720	5-11	Очагами до 1%	
То же	5-25	3720-11030	2-5	Массовое до 75%	11030-20680	5-9	Очагами до 15%	
То же с активными очага- ми всплывания	30-50	4290-11560	2-5	Массовое до 50%	11560-21208	5-9	Очагами до 5%	
Шейхдериевая и шейхдериево- сфагновая, однородная	30-40	742-8000	1-4	Массовое до 75%	5640-12850	3-6	Очагами до 25%	
Сфагновая	5-25	742-8000	1-4	Массовое до 75%	5640-12850	3-6	Очагами до 25%	
Гипсовая		Процесс всплывания не изучен						
Лесная, лесо-топяная, одно- родная	55-85	не будет			не будет			
То же	25-50	13460-23050	6-10	Очагами до 10%	11030-20680	5-9	Очагами до 15%	
-"-	5-20	1260-11080	1-5	Массовое до 100%	11030-20680	5-9	-"-	
То же с активными очагами всплывания	26-50	4720-11880	2-5	Массовое до 50%	11880-21560	5-8	Очагами до 5%	

Виды залежи	Степень разложения в %	I батиметрическая зона 0,25 - 3 м			II батиметрическая зона 3 - 5 м		характер всплывания
		сумма положительных температур t*	период всплывания	характер всплывания	сумма положительных температур t*	период всплывания	
Топяная однородная	25-40	9200-18610	4-8	Очагами до 10%	11600-25720	5-11	Очагами до 1%
Топяная	5-20	742-8000	1-4	Массовое до 100%	5600-12850	3-6	Очагами до 25%
Топяная с активными очагами всплывания	25-40	3160-11080	2-5	Массовое до 50%	10350-20680	5-9	---
Смешанная сосново-пушицевая, однородная	50-65		не будет			не будет	
То же	25-50	16260-25720	7-11	Очагами до 10%		не будет	
То же с активными очагами всплывания	25-50	9200-2210	4-9	Массовое до 30%	16260-25720	7-11	Очагами 5%
Смешанная топяно-лесная и топяная однородная	25-50	8000-18610	4-8	Очагами до 15%		не будет	
То же	5-20	8720-11080	2-5	Массовое до 80%	6210-18080	3-6	Очагами до 5%
То же с активными очагами всплывания	25-45	3160-11560	2-5	Массовое до 20%	10350-21200	5-9	Очагами до 1%
Сосново-пушицевая однородная	30-55	не будет			не будет		
То же с активными очагами всплывания	30-55	9450-21560	4-9	Массовое до 30%	11880-26010	5-10	---
Меднум-залежь однородная	25-40	6210-18080	3-8	Очагами до 10%	не будет		
То же	5-20	4290-11560	2-5	Массовое до 50%	11560-27900	5-12	Очагами до 25%
То же с активными очагами всплывания	25-40	6730-14000	3-6	Очагами до 30%	11560-21210	5-9	Очагами до 5%
Шейхцеригово-сфагновый	25-40	304-8000	1-4	Массовое до 100%	5203-12850	3-6	Массовое до 50%
Комплексный верховой	5-20	304-8000	1-4	---	5203-12850	3-6	---
То же с активными очагами всплывания	25-35	3160-10350	2-5	Массовое до 70%	10350-17500	5-8	Очагами до 5%

процесс всплывания не изучен

t* - сумма положительных среднесуточных температур воздуха, необходимая для всплывания торфа с момента затопления водохранилища.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Характеристика генезиса, состава и основных физико-механических свойств грунтов с повышенным содержанием органических веществ	3
2. Полевые методы исследования грунтов с повышенным содержанием органических веществ	8
3. Отбор монолитов из грунтов с повышенным содержанием органики	14
4. Лабораторные методы исследования грунтов с повышенным содержанием органических веществ	19
5. Химический состав грунтов с повышенным содержанием органики	46
6. Химический анализ	48
Л и т е р а т у р а	52
П р и л о ж е н и я	